



“EL IMPACTO DEL CLIMA SOBRE EL INGRESO NETO DE LOS AGRICULTORES EN EL PERÚ: ENFOQUE RICARDIANO”

**Trabajo de Investigación presentado para optar al Grado Académico de Magíster
en Economía**

**Presentado por
Srta. Mónica Muñoz Nájar Gonzales
Srta. María Verónica Villena Cardich**

Asesora: Sra. Elsa Galarza

2015

Dedicamos el presente trabajo a nuestra familia y amigos por su compañía, paciencia y apoyo incondicional.

Agradecemos en especial a la profesora Elsa Galarza, por su guía constante y profesionalismo.

Resumen ejecutivo

La agricultura en el Perú es una actividad, en particular, vulnerable a variaciones en el clima, en especial por su diversidad de pisos altitudinales y climas, así como por la alta predominancia de pobreza entre los productores agrícolas, que no siempre cuentan con los recursos adecuados para enfrentar condiciones adversas o cambios en las condiciones normales del clima. El objetivo del presente estudio es analizar el impacto que diferentes valores normales de temperatura y precipitación ejercen sobre el ingreso neto de los agricultores. Se emplea la metodología establecida en Mendelsohn *et al.* (1994), conocida como “enfoque ricardiano”, que plantea que se puede aproximar el impacto de los cambios en las condiciones climáticas analizando la renta de la tierra o el ingreso neto del agricultor. Esta metodología tiene la ventaja de que considera implícitamente todas las posibles estrategias de adaptación que pueden adoptar los agricultores y, por lo tanto, no sobreestima el impacto del clima sobre la agricultura. Se propone un modelo econométrico de corte transversal usando la información sobre las características de la actividad agrícola proveniente de la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos (Enapres); para la información sobre temperatura y precipitación, se emplea la base de datos WorldClim- Global Climate Data (Hijmans et al. 2005), y la información sobre el tipo de suelos proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 1971).

Se encontraron efectos diferenciados de la temperatura y precipitación para las tres regiones naturales. En especial, en la costa y en la selva se observó un efecto negativo de entre 5 y 6% de reducción en el ingreso neto ante incrementos de un grado de temperatura. En la sierra, el efecto agregado parece ser nulo. Esto se corresponde con un análisis por altitud y región que indica que, a mayor altitud, menor es el efecto negativo de incrementos en la temperatura, lo cual se condice con el hecho de que en zonas altas las temperaturas promedio son muy bajas e incrementos mejorarían la frontera productiva de la zona.

Índice

Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos	vii
Índice de anexos	viii
Capítulo I. Introducción	1
Capítulo II. Motivación y objetivos	3
1. La agricultura: actividad vulnerable a factores climáticos	3
2. Objetivos de la investigación	8
3. Hipótesis planteadas.....	8
Capítulo III. Revisión de la literatura	11
1. Sobre el modelo de la producción.....	13
2. Sobre el modelo ricardiano	15
Capítulo IV. Marco teórico	19
Capítulo V. Metodología.....	22
1. Información utilizada	22
2. Características de los productores agrícolas según Enapres 2011-2012	23
3. Metodología de estimación	32
4. Alcances y limitaciones del estudio	34
Capítulo VI. Resultados de la estimación	37
Conclusiones y recomendaciones	43
1. Conclusiones	43
2. Recomendaciones.....	44
Bibliografía	45
Anexos	50
Nota biográfica	55

Índice de tablas

Tabla 1.	Impacto económico del cambio climático en la agricultura	14
Tabla 2.	Características de los agricultor por región	31
Tabla 3.	Resultados estimación del Modelo de ingreso neto.....	39
Tabla 4.	Efectos de las variables climáticas sobre el ingreso neto, según región natural...	41
Tabla 5.	Efectos de la temperatura sobre el ingreso neto, según piso altitudinal	42

Índice de gráficos

Gráfico 1.	Panel a: Características de la agricultura en el Perú	4
Gráfico 2.	Panel b : Características de la agricultura en el Perú.....	4
Gráfico 3.	Estimación mediante la función de producción.....	16
Gráfico 4.	Número de agricultores por ámbito geográfico.....	24
Gráfico 5.	Ingreso neto promedio de agricultores por departamento	25
Gráfico 6.	Gasto de producción promedio por tipo de región	26
Gráfico 7.	Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la costa y temperatura de verano	27
Gráfico 8.	Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la costa y temperatura de invierno.....	27
Gráfico 9.	Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la sierra y temperatura de verano	28
Gráfico 10.	Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la sierra y temperatura de invierno.....	28
Gráfico 11.	Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la selva y temperatura de verano	29
Gráfico 12.	Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la selva y temperatura de invierno.....	29

Índice de anexos

Anexo 1.	Relación entre el ingreso neto por hectárea promedio a nivel nacional y regiones naturales, y los niveles de precipitación	51
----------	--	----

Capítulo I. Introducción

El sector agrícola es un sector especialmente vulnerable a variaciones climáticas, pues uno de los principales factores de producción de los cultivos es el clima, principalmente la temperatura y precipitación; junto con la exposición a la luz, el viento y la presencia de CO₂ en la atmósfera, son parte vital del proceso de crecimiento y, por lo tanto, de la producción de un cultivo. Un cambio brusco en las condiciones climáticas puede afectar seriamente el rendimiento de los cultivos e incluso generar pérdidas totales (Mendelsohn y Dinar 2009).

La agricultura en el Perú es una actividad que está expuesta a variaciones en el clima, ya que estas están ligadas a la variabilidad ecológica y productiva de los pisos altitudinales, que en el caso peruano son especialmente diversos (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco] 2012); a pesar de ello, concentra una parte importante de la población, específicamente, una gran parte de la población pobre. Estas condiciones generan que, en la actividad agrícola, un numeroso grupo de actores sea altamente vulnerable a cualquier tipo de *shock*, pues es de esperar que los agricultores con menores ingresos tengan también una menor disponibilidad de recursos para prepararse o para ajustarse ante acontecimientos negativos que puedan afectarlos. La agricultura también es una actividad que presenta peligros¹ considerables debido a la incertidumbre respecto del comportamiento del clima y la presencia de fenómenos climáticos extremos.

El objetivo del presente estudio es analizar el impacto que diferentes valores normales de factores climáticos- en especial temperatura y precipitación – ejercen sobre el ingreso neto de los agricultores. Para alcanzar este objetivo, se seguirá la metodología establecida en Mendelsohn *et al.* (1994), conocida como “enfoque ricardiano”, que plantea que se puede aproximar el impacto de los cambios en las condiciones climáticas analizando la renta de la tierra o el ingreso neto del agricultor. Para desarrollar el análisis, es necesario contar con información sobre las características de la actividad agrícola a nivel de productor así como con información climática. El análisis utiliza información proveniente de la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos - Enapres- elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 2011; 2012), que presenta, entre otros datos, información transversal sobre las características de la actividad agrícola, el conocimiento y aplicación de buenas prácticas y tecnologías agrarias, y los beneficios

¹ Aquí se emplea la terminología empleada en la literatura de gestión de riesgos. Amenaza o peligro es una fuente de daño potencial. La vulnerabilidad es la propensión a recibir daño ante la ocurrencia de una amenaza o peligro. El riesgo se conforma por la vulnerabilidad, y las potenciales amenazas o peligros.

de los servicios de extensión agraria; por otro lado, proporciona información sobre temperatura y precipitación (y sus estadísticos) proveniente de la base de datos WorldClim-Global Climate Data, elaborada por Hijmans *et. al* (2005).

Siguiendo lo planteado por Mendelsohn *et al.* (1994) en el estudio original y replicado por estudios a lo largo de las siguientes décadas, se propone un modelo econométrico de corte transversal que permite examinar el impacto del clima del largo plazo sobre el valor de la tierra agrícola para distintos agricultores en distintas zonas del Perú. El valor de la tierra se aproxima a través del ingreso neto por hectárea, y se modela en función del clima, el suelo, las características geográficas y otras variables socioeconómicas de control. Se parte de la premisa de que el valor de la tierra agrícola refleja el valor presente del flujo de los ingresos futuros por las parceladas cosechadas, el cual es medido en términos de ingreso neto.

El Capítulo II hace un recuento de las metodologías y resultados generales de los distintos enfoques usados para estimar el impacto del clima sobre la agricultura; en especial, se discuten los enfoques de producción y el enfoque ricardiano. En el Capítulo III, se repasan los métodos utilizados en la literatura para calcular los efectos de los cambios climáticos en la agricultura, haciendo énfasis en el uso de los modelos de función de producción y modelos ricardianos. El Capítulo IV presenta el marco teórico que sustenta el modelo adoptado. En el Capítulo V, se describe la metodología aplicada, que incluye información y las limitaciones del estudio. Finalmente, el Capítulo VI y la última sección presentan los resultados, y las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Capítulo II. Motivación y objetivos

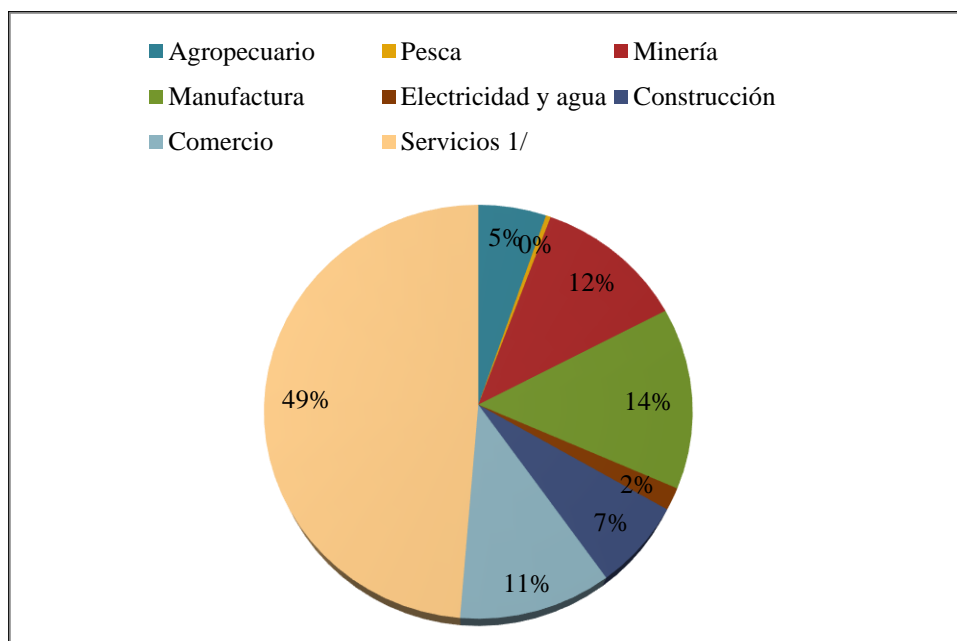
1. La agricultura: actividad vulnerable a factores climáticos

Como se ha indicado, el sector agrícola es especialmente vulnerable a variaciones climáticas, pues uno de los principales factores de producción de los cultivos es el clima; condiciones climáticas como la temperatura, la precipitación, la exposición a la luz, el viento y la presencia de CO₂ en la atmósfera son parte vital del proceso de crecimiento, y, por lo tanto, de la producción de un cultivo. Un cambio brusco en las condiciones climáticas puede afectar seriamente el rendimiento de los cultivos e incluso generar pérdidas totales (Mendelsohn y Dinar 2009).

Adicionalmente, la existente diversidad de climas y pisos altitudinales genera que en el territorio peruano converjan riesgos de eventos climáticos adversos, como huaicos, deslizamientos, inundaciones, sequías, heladas y lluvias excepcionales (Comisión Multisectorial de Reducción del Riesgo en el Desarrollo [CMRRD] 2004). Sin embargo, la agricultura es desarrollada por un sector importante de la población: pese a que aporta poco más del 5% del producto bruto interno (PBI), concentra más del 26% de la población económicamente activa (PEA) ocupada (ver Gráfico 1 y Gráfico 2); además, del total de población en situación de pobreza, más del 54% está ocupada en el sector Agricultura/Pesca/Minería (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] 2014).

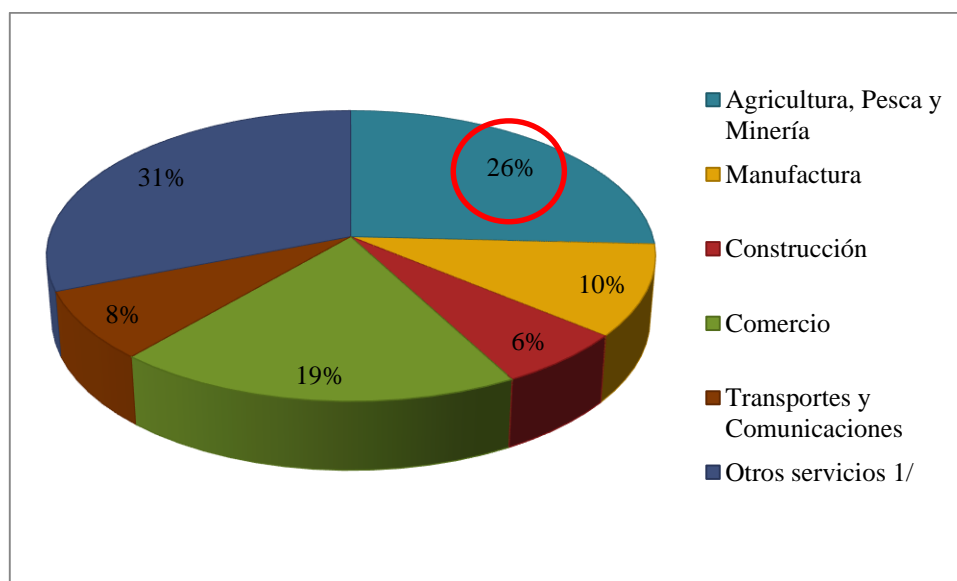
A pesar de no ser uno de los principales motores de la economía, en términos de territorio y empleo de mano de obra, la agricultura es una de las actividades principales a nivel nacional. Sin embargo, esto no se refleja en su productividad: de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri 2013), una de cada cuatro personas que conforman la PEA pertenece al sector agropecuario, pero su productividad es 4,3 veces menor que el resto de sectores productivos.

Gráfico 1. Composición del PBI por actividad económica, Perú (2014)



Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), 2014.
Elaboración: Propia.

Gráfico 2. Composición de la población económica activa ocupada, Perú (2013)



Fuente: INEI, 2013.
Elaboración: Propia.

De acuerdo al IV Censo Nacional Agropecuario (Minagri 2012a), del total de la superficie del territorio nacional, el 30,1% está dedicado al desarrollo de la actividad agropecuaria, la cual se ha incrementado en 9,5% en comparación con la información registrada en 1994, y es bastante mayor al territorio destinado a otras actividades como la minería, a la cual se destina el 1,2 % del

territorio (Minagri 2012a). La sierra es la región natural con más territorio agropecuario (57,5%). En términos de mano de obra, la agricultura emplea a 180.500 trabajadores permanentes (0,012% de la población económicamente activa ocupada en el mismo año) y 13.867.400 trabajadores eventuales. En ambos casos, la composición de género está liderada por los varones y la mayor parte de trabajadores se encuentra en la sierra.

Pese a ser una de las principales actividades en los hogares rurales y emplear a un gran número de personas, el desarrollo de la actividad agropecuaria con valor agregado es aún incipiente. El Ministerio de Agricultura (Minag 2010), actual Ministerio de Agricultura y Riego, identificó que el grueso de la agricultura nacional corresponde a una agricultura extensiva de baja rentabilidad y poco competitiva como resultado de su baja productividad y débil articulación al mercado. Esto resulta en problemas de dependencia e inseguridad alimentaria, migración rural, y pobreza y exclusión social. Todos estos elementos eran causa directa de una baja calidad de vida de los agricultores peruanos. Se identificó que el problema central, el bajo nivel de desarrollo agrario y rural, tiene las siguientes causas directas (Minag 2010):

- Bajo nivel de competitividad y rentabilidad agraria
- Aprovechamiento no sostenible de los recursos naturales
- Limitado acceso a servicios básicos y productivos
- Débil desarrollo institucional del sector agrario

Una de las principales razones que explicarían la baja competitividad del sector es el nivel educativo de los productores. Del total de productores agropecuarios, solo el 51,8% cuenta con educación primaria y el 25,9%, con educación secundaria. El nivel educativo del productor es un determinante de su capacidad para seleccionar e implementar prácticas agrícolas, identificar soluciones ante posibles amenazas en su producción, y aplicar mejoras tecnológicas.

Otra de las principales causas del bajo desarrollo de esta actividad es la fragmentación de la tierra. De acuerdo al IV Censo Nacional Agrario (Minagri 2012a), los productores agrícolas de la costa, en promedio, poseen 5,1 hectáreas de tierra agrícola, seguidos por los agricultores de la selva con 4,8 hectáreas, mientras que los productores de la sierra cuentan con 2,4 hectáreas. Cabe mencionar que, en la costa, se concentran las grandes empresas agroexportadoras y, en la sierra, las pequeñas unidades agropecuarias. Esta fragmentación de la tierra agrícola impide que los agricultores aprovechen las posibles economías de escala e incrementen el rendimiento de su producción.

En cuanto a la comercialización, el alto número de intermediarios, el limitado acceso al mercado para los agricultores de las zonas más alejadas del país, la falta de organización y diversificación de cultivos, y el poco poder de negociación de los agricultores son condiciones que también propician el limitado desarrollo de la actividad y el bajo rendimiento de la misma para los pequeños y medianos productores.

Asimismo, el acceso a información agraria es limitado, debido no solamente a la falta de infraestructura y de medios de comunicación en el medio rural, sino a la difícil geografía y la falta de inversión pública en el medio. Paralelamente, el sistema de investigación y extensión agrícola es todavía precario, y no ha logrado desarrollarse tanto por el lado de la oferta como por el lado de la demanda. Los servicios de sanidad agraria, si bien han obtenido importantes logros en la consolidación de las agroexportaciones, todavía deben ampliar su cobertura y mejorar el control sanitario de productos dirigidos al mercado interno y la inocuidad alimentaria (Perú Opportunity Fund 2011).

Otro elemento central y con un alto nivel de incidencia sobre el desarrollo potencial del sector agrícola es el acceso al mercado financiero por parte de los productores. De acuerdo con el Minagri (2012a), uno de cada diez productores solicitó crédito en 2012. De los que solicitaron, aproximadamente el 10% no recibió el crédito y el 74% de solicitudes de crédito no se atendieron por falta de garantías. El limitado acceso al crédito restringe el capital de los productores agrícolas e impide que estos puedan incrementar la inversión que les permita adquirir nuevas tecnologías e insumos para aumentar su producción, reducir sus costos, y obtener un mayor y mejor acceso al mercado. Ello, en conjunto, acota las posibilidades de incrementar sus ingresos.

El cúmulo de estos elementos incide en la baja productividad del sector agrícola y la alta vulnerabilidad de la población que se dedica a esta actividad. Esta situación puede agravarse ante la ocurrencia de eventos externos negativos, como los derivados de la variabilidad climática o fenómenos naturales extremos.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2012b) desarrolló un análisis del riesgo de la actividad agrícola en el marco del Plan de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en el sector agrario (2012-2021). 768 distritos (un 43,37 %) están amenazados por la ocurrencia de heladas, en distintos niveles, y que afectan de manera directa la actividad pecuaria, su economía, y, en consecuencia, al pequeño y mediano productor dedicado a esta actividad. En cuanto a sequías, 1.322 distritos son vulnerables ante la ocurrencia de sequías. Por otro lado, son menos

los distritos vulnerables ante la ocurrencia de friajes, solo 331, mientras que 685 distritos están expuestos a posibles inundaciones.

No solo los eventos climáticos extremos son amenazas para la agricultura; los cambios paulatinos pero permanentes en los promedios del clima, así como en la variabilidad promedio, presentan retos a los agricultores que constantemente deben estar adaptando sus formas de producción ante nuevas condiciones climáticas. En el Perú, se ha analizado cómo los cambios a lo largo del tiempo de las temperaturas promedios, o temperaturas máximas o mínimas afectan la productividad agrícola, y se han encontrado efectos nocivos de incrementos en los niveles de temperatura.

A nivel nacional, uno de los primeros estudios que analizaron los efectos de cambios en temperatura sobre la productividad agregada (no solo del sector agrario) es el llevado a cabo por Vargas (2009). En dicho estudio, se estimó un impacto negativo de incrementos en la temperatura máxima sobre la tasa de crecimiento del PBI per cápita. El autor también señaló que los sectores más afectados por cambios en temperatura y precipitación son el agrícola y el pesquero. Por otro lado, uno de los estudios más recientes y que hace análisis diferenciados sobre el impacto del cambio climático sobre distintos sectores productivos es el Estudio de Impactos Económicos del Cambio Climático en el Perú (EIECCP) (Banco Interamericano de Desarrollo [BID] y Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal] 2014). Además, se pueden observar resultados del sector agrícola en la investigación publicada por el Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (BID y Cepal 2014), en la cual se calcula que los incrementos de un grado centígrado de distintas mediciones de la temperatura (mínima, máxima y promedio) ejercen impactos negativos en la productividad agrícola, que dependerán del cultivo analizado.

Estos estudios y otros desarrollados para el caso peruano (ver Capítulo III) muestran cómo los aumentos en los niveles de temperatura y precipitación son potencialmente nocivos para la actividad agrícola; sin embargo, debe considerarse que es característico de los factores climáticos variar a lo largo del tiempo, de forma continua, con ciclos que son diarios, por estaciones, anuales e incluso de varias décadas, dependiendo de los fenómenos climáticos por evaluar. En general, los agricultores adaptan sus actividades diarias y su planificación según se presentan las variaciones de los factores climáticos o según cómo esperan que variarán en el futuro.

Hasta ahora no se ha desarrollado un estudio a nivel nacional para el Perú que busque incorporar el efecto de estas adaptaciones de los agricultores en el análisis del impacto de cambios en

temperatura y precipitación sobre la actividad agrícola. Se cree esencial tener en cuenta el efecto de estas adaptaciones, puesto que se podrían estar sobreestimando los efectos negativos de cambios en los factores climáticos sobre la actividad al no tomarlas en cuenta; en efecto, los agricultores ajustarán su tecnología de producción para aprovechar de la mejor manera las nuevas condiciones climáticas, lo cual contrarresta, al menos en parte, el efecto negativo de dichas condiciones (Mendelsohn *et al.* 1994). Por lo tanto, se considera importante realizar el análisis del impacto de las condiciones climáticas sobre la agricultura teniendo en cuenta las posibles acciones de adaptación que los agricultores podrían realizar, pues un análisis de este tipo no se ha realizado a nivel nacional en el Perú.

2. Objetivos de la investigación

Como se ha discutido en la sección previa, el sector agrario es de importancia para la economía peruana; no obstante, por su naturaleza, es un sector sumamente vulnerable a las condiciones climáticas, desde el nivel de precipitaciones, temperatura y humedad, hasta los eventos climáticos adversos como precipitación intensa, nevadas, inundaciones, sequías, entre otros. En este contexto, es relevante el análisis del impacto de diferentes niveles de variables climáticas sobre este sector, en especial de la temperatura y precipitación, de modo que se forme una idea de cómo distintos climas afectan la agricultura. Se plantea que este análisis debe incorporar las posibles adaptaciones a condiciones climáticas diversas que pueden adoptar los agricultores para ajustarse y seguir maximizando su beneficio; de este modo, se evitaría la sobreestimación de los impactos negativos que podrían conllevar cambios en el clima.

Debe mencionarse que este análisis cobra especial relevancia en un contexto de cambio climático, pues puede brindar una guía de la dirección del efecto del clima sobre la agricultura y la magnitud del mismo, considerando que existe un consenso entre distintas instancias lideradas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC 2013) de que se puede esperar para las próximas décadas cambios en los niveles promedios de temperatura y en la variabilidad de eventos climáticos adversos.

Por tanto, el objetivo principal de este estudio es estimar el impacto de los cambios en la norma del clima (promedio de largo plazo de la temperatura y precipitación²) sobre el ingreso neto de

² De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM 2007), se entiende por normales climatológicas las medias de datos climatológicos calculadas para periodos consecutivos de treinta años. Esta medición del clima han tenido dos fines principales: en principio, constituye una referencia con la que se pueden evaluar las condiciones (en particular, las condiciones actuales o recientes) y, en segundo lugar, se utiliza extensivamente (de forma implícita o

los agricultores en el Perú. Se considera la norma del clima como fenómeno a analizar, pues, a ese nivel de análisis, se podrán capturar los efectos de cambios sostenidos en la temperatura y precipitación, y no producto de *shocks* temporales o de los propios ciclos climáticos. Este tipo de cambios sostenidos en los promedios de temperatura y precipitación son los asociados al cambio climático. Además, considerar la norma del clima hace posible que el análisis se centre en comparar niveles “estacionarios” en los cuales los agricultores ya se encuentran maximizando su beneficio incorporando todas las acciones de adaptación posibles para las condiciones climáticas que les han tocado³.

La justificación del uso del ingreso neto de los agricultores, y no la producción de un cultivo o grupo de cultivos está ligada al marco teórico y metodología por emplear, que se basan en un enfoque ricardiano, forma de estimar el impacto del clima sobre la actividad agrícola de modo tal que se incorpore la adaptación, pues, en tanto que los agricultores maximicen sus beneficios de largo plazo, dicha maximización incluirá el ajuste en todos los factores de producción y todas las posibles adaptaciones que se pueden realizar⁴.

El análisis realizado busca específicamente diferenciar la región natural en la que se desarrolla la actividad agrícola, ya que las características geográficas, climáticas, bióticas de cada región natural, así como el nivel de desarrollo de la población y de la actividad agrícola en las mismas, mantienen una relación directa sobre la productividad de la tierra y, por consiguiente, el ingreso neto del agricultor.

3. Hipótesis planteadas

Sobre la base de la evidencia encontrada, se postula que las variaciones en la norma de las variables climáticas, particularmente en la temperatura y precipitación, surtirán un efecto significativo sobre el ingreso neto de los agricultores. Este dependerá de las características del agricultor, las prácticas agrícolas implementadas, los cultivos cosechados y la zona geográfica donde se desarrollará la actividad agrícola.

Se espera que, en las distintas regiones naturales, los impactos de las normas del clima sean diferenciados. En particular, en la *Estrategia regional de cambio climático*, elaborada por el

explícita) para fines de predicción, como indicador de las condiciones que probablemente se experimenten en un determinado lugar.

³ Se discute más de esta elección en el Capítulo V.

⁴ Se discute más de la justificación de usar el ingreso neto en el Capítulo IV.

Gobierno Regional del Cusco (2012), se señaló que el incremento de la temperatura del aire en algunas zonas del territorio nacional puede traducirse en la ampliación de cultivos a mayores altitudes, aunque acompañada de migración de plagas y enfermedades de los cultivos a pisos ecológicos de mayor altitud. Particularmente, el gerente de Recursos Naturales del Gobierno Regional del Cusco ha señalado que, en el Cusco, algunos cultivos han migrado de pisos: «Por ejemplo, antes el maíz solo se podía cultivar en el Valle Sagrado; ahora también se puede producir en suelos que están a más altura (unos 100 metros más), donde antes solo se podía cosechar la papa dulce» (Salas 2012). Además, comentó que la papa dulce también subió de piso ecológico. Antes se obtenía a una altitud de 3.600 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) como máximo, pero ahora se puede sembrarla hasta a 4.000 m s. n. m., donde está la papa amarga; además, la papa amarga se desplazó por encima de las 4.200 m s. n. m., donde antes solo se crecían pastos naturales.

Capítulo III. Revisión de la literatura

La actividad agrícola y ganadera ocupa actualmente el 40% de la superficie del planeta (Easterling *et al.* 2007); en general, la agricultura es responsable del 6% del PBI mundial. En muchos países en desarrollo, la agricultura es un sector primario de la economía y es la principal fuente de sustento para cerca del 70% de la población rural (Easterling *et al.* 2007). Son muchos los factores que determinan e influyen en esta actividad. Las fluctuaciones del mercado; los cambios en la política agraria nacional e internacional, como el nivel y alcance de los subsidios, los incentivos, los aranceles, las facilidades de crédito y los seguros; el nivel de educación y capacitación del agricultor; el tipo y la disponibilidad de tecnología; la tenencia de la tierra; y las características biofísicas, como la disponibilidad de recursos hídricos, la calidad del suelo, la capacidad de carga, y las plagas y enfermedades, se encuentran entre este conjunto de factores. Debido a que es una actividad que está estrechamente ligada a los recursos naturales, la producción agrícola depende del estado del clima y sus variaciones, incluidos los eventos extremos, tales como inundaciones y sequías.

Los estudios y evidencias revelan que el clima y sus variaciones- de corto y largo plazo, como el cambio climático- ejercen impactos adversos sobre la actividad agrícola, ya sea a nivel global o en una región en específico, lo que ha despertado el interés por cuantificar estos impactos, tomando en consideración el nivel de incertidumbre implicada. Son dos los tipos de análisis económico que se pueden emplear para estimar dichos impactos: un análisis de equilibrio general y un análisis de equilibrio parcial.

El análisis de equilibrio general permite predecir cómo cambios en la oferta y la demanda pueden alterar los precios y cómo este cambio afecta a todos los agentes de una economía. Cuando se emplea un modelo de este tipo, se busca modelar cómo los cambios en el clima, regularmente en valores de temperatura y precipitación, afectan la actividad económica agregada, la asignación de recursos sectoriales y el bienestar de los hogares; a partir de estos, se busca determinar sus medios de transmisión. Esto último es claramente una de las ventajas del modelo en comparación con los modelos de equilibrio parcial, que analizan las variaciones para un solo sector. Sin embargo, existen algunas consideraciones técnicas necesarias para la aplicación de este tipo de modelos. En principio, los resultados del modelo dependerán de la fineza y exactitud con que se mida la sensibilidad de los distintos sectores de una economía ante variaciones en el clima. A su vez, se necesita contar con estimaciones confiables de la relación entre los distintos sectores y su

interacción. Una vez que se obtiene este análisis sectorial, otro reto se presenta al momento de agregar la información, cuando se pueden incurrir en imprecisiones (Mendelsohn y Dinar 2009)

A partir de la literatura revisada, se puede concluir que el análisis del equilibrio parcial es el más utilizado para cuantificar los impactos del clima sobre la agricultura. Dentro de este tipo de análisis, se pueden distinguir dos tipos de enfoque: la simulación de crecimiento de cultivos y los métodos económicos (Deressa 2007).

Los modelos de simulación de cultivos utilizan funciones que capturan la interacción entre el crecimiento de los cultivos, y el clima, el suelo y las prácticas agrícolas. Este tipo de modelos son calibrados para zonas seleccionadas y se utilizan distintos escenarios de variaciones en el clima para cada tipo de cultivo, dada una práctica agrícola. El objetivo principal es identificar la respuesta de los cultivos ante distintos estímulos, como, por ejemplo, las variaciones en el clima. Algunos modelos de este tipo son el modelo de simulación para el maíz-Ceres; el modelo de cálculo del impacto de la erosión sobre la productividad (EPIC, por su acrónimo en inglés), que evalúa las prácticas agrícolas en relación a la calidad del suelo, entre otros. El atractivo de este tipo de modelos es que han sido desarrollados con un conocimiento muy profundo sobre la ciencia agronómica; sin embargo, presenta una serie de limitaciones, de las cuales las principales son su incapacidad para simular distintos cultivos simultáneamente y el hecho de que solo ha sido calibrado para un grupo limitado de cultivos y zonas, lo que no permite realizar comparaciones y evaluar mejoras.

Otro de los enfoques utilizados para evaluar los cambios en el rendimiento de los cultivos a partir de variaciones en el clima es conocido como el enfoque de producción. Este enfoque se basa en el análisis experimental o empírico de las relaciones entre el rendimiento y los factores ambientales (Deressa 2007). Este modelo emplea variables climáticas, tales como temperatura, precipitación y emisiones de dióxido de carbono, e insumos de la producción agrícola para evaluar su impacto sobre los rendimientos agrícolas. Una de las ventajas de la función de producción es que, además de analizar los efectos sobre cultivos específicos, permite conocer los umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales los efectos pueden ser benéficos o perjudiciales para los cultivos. Sin embargo, se debe mencionar que una de las principales críticas sobre este modelo es que tiende a sobrestimar los impactos, ya que asume que, ante cambios en los indicadores del clima (temperatura y precipitación, principalmente), los agricultores no adoptan ningún tipo de prácticas o medidas para adaptarse al nuevo contexto, y continúan sembrando los mismos cultivos bajo las mismas prácticas y tecnologías.

Ante esta última limitación, surge un modelo económico complementario, el modelo ricardiano, que permite examinar cómo el clima en diferentes lugares afecta a la renta o ingresos netos procedentes de las tierras de cultivo. Al medir directamente las rentas, se refleja el proceso de maximización de beneficio del agricultor, que toma en consideración los distintos factores que afectan su producción, los efectos directos del clima en los rendimientos de los diferentes cultivos, el potencial de sustitución de diferentes insumos, la introducción de diferentes actividades y otras adaptaciones posibles a diferentes climas.

.

A continuación, se presentan estudios de casos para los dos enfoques más utilizados en la literatura revisada: el enfoque de producción y el modelo ricardiano.

1. Sobre el modelo de la producción

Como se mencionó, las variaciones en los principales indicadores climáticos -temperatura y precipitación- afectarían la productividad de los cultivos y, por consiguiente, la del sector. Bajo el enfoque de producción, se han realizado investigaciones a nivel global, regional, nacional e incluso subnacional. En Centroamérica, un estudio realizado por Cepal analizó los efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria a través de índices de producción en cuatro grandes grupos: producción agropecuaria, producción de cultivos, producción de cereales y producción pecuaria. Las variables climáticas utilizadas fueron la temperatura máxima anual y la precipitación acumulada para los meses de mayo a octubre, que son meses de siembra de cultivos transitorios. Los resultados mostraron que, en promedio, niveles por debajo de 27 °C provocarían incrementos en la producción agropecuaria. Una vez sobrepasado ese nivel de temperatura, se observan reducciones en la misma. Asimismo, en promedio en la región, durante la temporada de lluvias, los niveles de precipitación acumulada mayores a 1.500 mm tienden a producir rendimientos decrecientes en la producción (Cepal 2010).

La información a nivel global ha permitido realizar estudios a escala nacional. Una de las más recientes estimaciones sobre el impacto del cambio climático mediante el uso del modelo de producción ha sido elaborada en el marco del Estudio del Impacto Económico del Cambio Climático liderado por el Ministerio del Ambiente (BID y Cepal 2014). Los enfoques de modelación buscaron identificar cómo los cambios en las condiciones de la atmósfera y del océano afectan los recursos naturales por medio de modificaciones en la temperatura, la precipitación, la disponibilidad de agua y las propiedades de los ecosistemas. A partir de ello, realizaron análisis sectoriales en los cuales se identificó la manera como los cambios en

promedios de variables climáticas afectarían las productividades sectoriales. Para el caso de la agricultura, se seleccionaron los siguientes cultivos: papa, arroz, café, caña de azúcar, plátano, maíz amarillo duro, y maíz amiláceo, porque representan los siete cultivos más importantes en términos del valor bruto de la producción (VBP, en adelante), PBI agrícola, y superficie cosechada como un indicador aproximado de la absorción de empleo. Los resultados obtenidos mostraron que el impacto del cambio climático en la agricultura afectaría la producción de la mayoría de los productos analizados, con excepción del café, que presenta un comportamiento distinto, pues, en los primeros años, crecerá la producción y luego disminuirá levemente (BID y Cepal 2014).

Las temperaturas óptimas halladas para algunos cultivos fueron de 14,2 °C, para el caso de la papa; 24,07 °C, para el caso del arroz; 17,56 °C, para el maíz amarillo duro; y 29,59 °C, para el café. El maíz amiláceo presentó un nivel de precipitación óptima de 150 mm. Utilizando los resultados de las especificaciones econométricas, se calcularon las proyecciones de la producción por cultivo y escenario climático para el período de análisis, asumiendo que la producción está en función de las variables climáticas. A partir de estas proyecciones de rendimiento y producción, se obtuvieron los ingresos con y sin cambio climático para cada cultivo, en que el impacto del cambio climático es la diferencia de ambas variables (BID y Cepal 2014).

A continuación, en la Tabla 1, se presentan los costos estimados del cambio climático sobre la producción agrícola peruana; estos costos están determinados en función de los tres escenarios de emisiones propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2013) en su cuarto reporte de evaluación⁵.

Tabla 1. Impacto económico del cambio climático en la agricultura (millones de soles en 2010)

Escenario	2011-2040			2011-2070			2011-2100		
	0,5%	2%	4%	0,5%	2%	4%	0,5%	2%	4%
A1B	616	453	309	2.849	1.568	768	6.619	2.797	1.058
A2	583	443	316	2.429	1.360	692	5.991	2.515	962
B1	563	418	288	2.271	1.276	644	4.789	2.097	838

Fuente y elaboración: BID y Cepal, 2014.

⁵ El IPCC es una institución instaurada por la Organización Mundial de Meteorología y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente que revisa literatura científica y técnica en todo el mundo para desarrollar informes de evaluación sobre el impacto, la adaptación y la vulnerabilidad, y la mitigación del cambio climático, que son ampliamente reconocidos como las fuentes de información existentes más confiables sobre cambio climático.

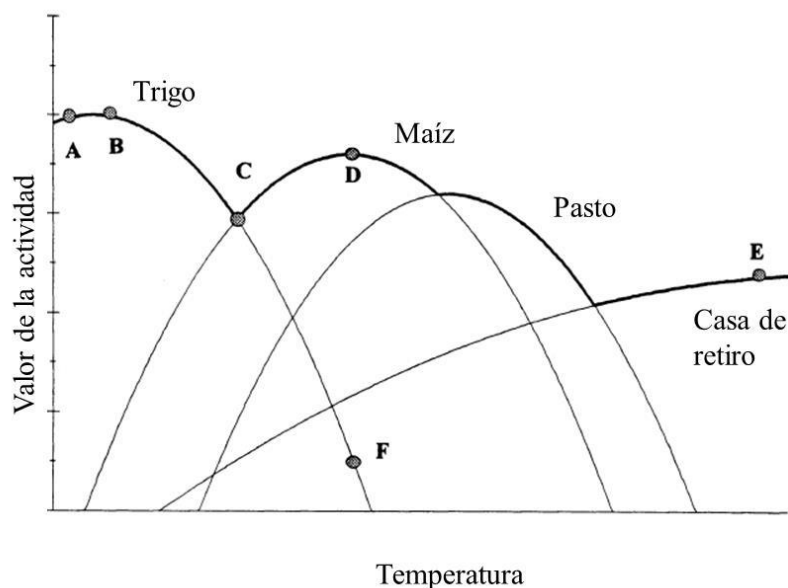
A nivel regional, específicamente para las regiones del Cusco y Apurímac, Morales *et al.* (2012) destacaron que el sector agricultura es más sensible a los cambios en la temperatura y la precipitación en el corto plazo, y que, a largo plazo, el sector es más sensible al efecto de los cambios en la temperatura. En su estudio, se señaló que, por cada grado de incremento en la temperatura máxima, la tasa de crecimiento del PBI agrícola se reduce en -1,7 puntos porcentuales con respecto a su tasa potencial. En acumulado, al 2030 se registró una caída del 23% del PBI para ambas regiones. De los cuatro sectores analizados, transporte, turismo, agricultura y minería, los autores hallaron que el sector agricultura es el más impactado por variaciones climáticas.

Por otro lado, un estudio realizado para la agricultura en la región Piura, específicamente para los cultivos de exportación, demostró que las pérdidas en el rendimiento de los cultivos en 2030 serán de 7,48% para el mango y 38,51% en promedio para el plátano. Nuevamente, en el caso del café, un mayor aumento de la temperatura beneficia este cultivo hasta en un 41,1%; en el caso del limón ocurre también un aumento en el rendimiento de 52,74% dependiendo del valor de la temperatura pronosticada (Torres 2010).

2. Sobre el modelo ricardiano

El modelo ricardiano fue nombrado así por la teoría de la renta de la tierra de David Ricardo, quien postuló que, en un mercado competitivo, la renta de la tierra refleja los ingresos netos de las tierras agrícolas (Mendelsohn y Dinar 2009). En ese sentido, en lugar de estudiar el rendimiento de cultivos específicos, el modelo examina cómo las variables del clima afectan la renta neta obtenida de las tierras agrícolas. Al medir directamente los ingresos, el modelo cuantifica los impactos directos del clima sobre los rendimientos de los diferentes cultivos, así como la posibilidad de sustituir insumos o aplicar nuevas prácticas ante los cambios en temperatura.

Gráfico 3. Estimación mediante la función de producción



Fuente y elaboración: Mendelsohn *et al.*, 1992.

Este modelo fue desarrollado por Mendelsohn *et al.* en 1992 como una alternativa al modelo de producción, y postula que este último sobrestima los impactos de variaciones en el nivel de temperatura en la actividad agrícola, ya que no considera ningún tipo de cambios en la producción ante estas variaciones. Esto se puede observar en el Gráfico 3. Se dispone del valor de la producción para tres cultivos y una alternativa de uso de la tierra, que es el establecimiento de una casa de retiro; todas las variables están en función de la temperatura. La curva de la izquierda muestra la función de producción del trigo, la que captura el cambio en la producción de este cultivo ante distintos niveles de temperatura. Se puede observar que la producción se incrementa desde el punto A (menos temperatura) hasta alcanzar su nivel máximo en el punto B y, a partir de este punto, empieza a decrecer a medida que la temperatura se incrementa. El sesgo o la sobrestimación de este enfoque se producen al no incorporar la posibilidad de cambio de cultivos en la producción ante mayores niveles de temperatura. Por ejemplo, cuando la temperatura llega al nivel C, los agricultores que buscan maximizar sus ingresos cambiarían de una producción de trigo a una producción de maíz. Cuando la temperatura aumenta, el enfoque de producción puede calcular que el valor de la producción del trigo ha caído al punto F, pero, en realidad, el agricultor dejó de cultivar trigo y pasó a cultivar maíz.

A una temperatura ligeramente superior, el agricultor, en búsqueda de maximizar sus ingresos, deja de cultivar maíz y cambia a pastos. Esta sustitución de cultivos no se permitiría bajo la metodología del enfoque de producción y, en consecuencia, se sobrestimarán las pérdidas en la producción total del agricultor derivadas de un incremento en la temperatura. Por último, en el

punto E, la tierra no es apta para la agricultura o el pastoreo, y solo se obtendrían pérdidas en caso de realizar esta actividad bajo ese nivel de temperatura. En tal situación, el mejor uso de la tierra se alcanzaría si se estableciera, por ejemplo, una casa de retiro para ancianos u otra actividad no relacionada con la producción agrícola (Mendelsohn *et al.* 1994).

El modelo ricardiano trata de corregir este sesgo. El autor asume que el valor de la actividad, medido en el eje vertical del Gráfico 3, es igual al rendimiento neto del cultivo por hectárea de tierra, que es igual al valor de la producción menos el valor de los insumos, excluido el arrendamiento de la tierra. En un mercado competitivo, la renta de la tierra es igual al rendimiento neto de la mejor actividad realizada en ella (ingreso neto). En el Gráfico 3, dados los niveles de temperatura, el valor de la renta sería igual a la línea negra presentada, que Mendelsohn *et al.* (1992) denominaron ‘la función de valor del mejor uso’.

En general, no se observa el mercado de la renta de la tierra, ya que generalmente esta es un componente pequeño del total de la renta. Sin embargo, en las unidades agrícolas, la renta de la tierra tiende a ser una fracción alta de los costos y esta se puede estimar con una razonable precisión. El valor de la unidad agrícola es igual al valor actual del flujo futuro de las rentas obtenidas⁶. Si la tasa de interés, la tasa de ganancias de capital y el capital por hectárea son iguales para todas las parcelas, el valor de la unidad agrícola será proporcional a la renta de la tierra. Por tanto, si se observa la relación de los valores de la unidad agrícola y las variables climáticas (y otras variables relevantes), se obtendría la función del mejor uso de la tierra (Mendelsohn *et al.* 1994).

Este modelo fue aplicado por primera vez para la agricultura de los Estados Unidos. Las unidades de análisis fueron los condados ubicados en los 48 Estados más bajos del país (Mendelsohn *et al.* 1994), y se analizaron los efectos de variables climáticas y no climáticas sobre el valor de la tierra agrícola y los ingresos netos de los agricultores. La hipótesis planteada fue que el clima cambia la función de producción agrícola. Los agricultores, ubicados en sitios particulares, observan las variables ambientales (clima), y ajustan los niveles de insumos y producción sujetos a estas. Los resultados demostraron que la temperatura afectaba los ingresos y el valor de la tierra. Mayores niveles de temperatura producían efectos más nocivos sobre el valor de la tierra, excepto en el otoño, cuando ayudan a los cultivos que se están secando o serán cosechados.

⁶ Existen dos tipos de renta: una originada por el uso de la tierra para la producción del mejor cultivo y otra obtenida por el capital invertido.

En la región, Mendelsohn *et al.* (2009) utilizaron esta metodología para medir el impacto de fenómenos climáticos de largo plazo, como el cambio climático, en Argentina, Uruguay, Chile, Brasil, Venezuela, Ecuador y Colombia. Hallaron que el valor de la tierra agrícola disminuirá a medida que se incrementan la temperatura y la lluvia, excepto en el caso de los predios bajo riego. Por otro lado, bajo un escenario severo de cambio climático, los agricultores sudamericanos perderán el 14% de sus ingresos en 2020; el 20%, en 2060; y el 53% en 2100. Asimismo, los autores señalaron que tanto los predios pequeños como los grandes son altamente vulnerables, pero los pequeños son más vulnerables ante incrementos en la temperatura, porque tienen menores alternativas de sustitución, mientras que los grandes son más sensibles a un aumento de la precipitación. Cabe mencionar que, para el desarrollo del estudio, los autores realizaron encuestas en las cuales recogieron información sobre la variable “valor de la tierra”.

Una aplicación del modelo ricardiano para países en desarrollo encontró como uno de los principales retos la ausencia de mediciones confiables sobre el valor de las tierras agrícolas. Muchos países en desarrollo no tienen establecidos derechos de propiedad sobre la tierra; estos son atribuidos a una comunidad o pertenecen al Estado. En ese sentido, en estas áreas no existe un mercado de tierras agrícolas (compra, venta y un precio por hectárea); por consiguiente, no existe una medida formal del valor de la tierra. A fin de superar esta limitación, el modelo ricardiano propone utilizar como una *proxy* del valor de la tierra la variable ingresos netos por hectárea del agricultor (Mendelsohn y Dinnar 2009).

A partir de esta especificación, se ha utilizado la metodología del enfoque ricardiano para realizar estudios sobre el impacto del clima, específicamente de fenómenos de largo plazo como el cambio climático, en países de la región. Por ejemplo, Honduras estima el impacto del cambio climático sobre la agricultura del país bajo este modelo y, usando como *proxy* de la variable renta de la tierra, las ganancias agrícolas reportadas por los hogares que participan en esta actividad. El estudio realizado en Honduras plantea tres tipos de especificaciones para la estimación. Con el primer modelo, se utiliza la temperatura media anual y precipitación acumulada anual, y se halla que las ganancias agrícolas mensuales promedio disminuyen en US\$ 1,7 ante un incremento de 1° C en la temperatura media anual. Asimismo, ante un incremento de 2° C en la temperatura media anual, las ganancias agrícolas mensuales promedio aproximadamente se reducirían en 9%, lo que representa para los hogares rurales hondureños cerca del 3% de su ingreso mensual total.

Capítulo IV. Marco teórico

De acuerdo con la teoría de David Ricardo, si dos tierras agrícolas tienen el mismo tamaño y fertilidad, pero una cuenta con sistema de riego e infraestructura para conservar la producción, la renta obtenida por esta será mayor que la segunda. Una parte de esta renta refleja la productividad de la tierra, mientras que la otra es la remuneración al capital empleado en la mejora de la calidad de la tierra y en erigir los edificios necesarios para la preservación de la producción (Ricardo [1817] 2001). Para Ricardo, si todas las tierras tuvieran las mismas propiedades, si fuesen ilimitadas en cantidad y uniformes en calidad, su uso no implicaría costo, al igual que el aire o el calor del sol, a menos que existan diferencias entre ellas, y unas presenten características específicas que otras no poseen y las vuelven más productivas. Entonces, solo porque la tierra no es ilimitada en cantidad y de calidad homogénea, y, porque, en el progreso de la población, la tierra de una calidad inferior o que presenta menores ventajas es utilizada para la producción de cultivos, surge el concepto de la renta por el uso de la misma. El pago de la renta corresponde al uso de la tierra de mejor calidad, que implicaría una mayor producción, y dependerá de la diferencia en la condiciones de ambos de tipos de tierra (Ricardo [1817] 2001)

Bajo esta lógica, Mendelsohn y Dinar (2009) trataron de reflejar esta relación en la ecuación (1), en la cual V es el valor de la unidad agrícola. Esta última es igual al valor presente de los flujos futuros de la renta recibida sobre la misma. Como se mencionó, la renta tiene dos fuentes, una relacionada con el mejor uso de la tierra para la producción agrícola y la otra con el sobre el capital invertido. Si la tasa de interés, la tasa de ganancia de capital y el capital invertido por hectárea son iguales para todas las parcelas, entonces el valor de la unidad agrícola será proporcional a la renta de la tierra. Adicionalmente, en mercados competitivos, la renta de la tierra es igual al ingreso neto agrícola. En este sentido, el valor de la unidad agrícola se puede expresar de la siguiente manera:

$$V = \int P_{LE} e^{-\phi t} dt = \int \left[\sum P_i Q_i (X, F, Z) - \sum R X \right] e^{-\phi t} dt \quad \dots \dots (1)$$

donde P_{LE} es el ingreso neto por hectárea, P_i es el precio del cultivo en el mercado, Q_i es la cantidad producida del cultivo, F es un vector de variables climáticas, Z es un vector de variables socioeconómicas relevantes que afectan la producción del cultivo, X es un vector de insumos comprados (no incluye tierra), R es el vector de precios de los insumos, t es el tiempo y ϕ es la tasa de descuento (Mendelsohn *et al.* 1994).

Al desarrollar un modelo de corte transversal, el ingreso neto observado representa el ingreso de un solo periodo. Para obtener el valor de la unidad agrícola, definido como el valor presente de los flujos futuros del ingreso neto agrícola, se ha asumido que el ingreso del año observado refleja la rentabilidad del largo plazo. Sería preferible contar con datos para múltiples años, a fin de obtener una mejor medida de la rentabilidad de largo plazo, pero, en ausencia de estos, se toma un año promedio o lo más cercano al promedio.

Se parte del supuesto de que el agricultor elige una combinación de Q y X que le permita maximizar sus ingresos netos dadas las características del mercado y precios agrícolas. En este sentido, Q y X se determinan para maximizar V en la ecuación (1) para cualquier combinación de variables exógenas. El resultado de la nueva ecuación de maximización de beneficios es un modelo de forma reducida que examina cómo V se ve afectado por el conjunto de variables exógenas F , Z y P :

$$V = f(F, Z, P) \quad \dots \dots (2)$$

Cabe mencionar que se asume que los agricultores son tomadores de precios; por lo tanto, no suponen ningún impacto sobre el nivel de precios en el mercado. Los precios relativos de los cultivos e insumos permanecen constantes a pesar del impacto del clima o cualquier otro factor.

El modelo ricardiano es una función lineal y cuadrática respecto de las variables climáticas -en este caso solo se consideró temperatura-, y lineal respecto de las otras variables socioeconómicas relevantes, como se muestra a continuación en la ecuación (3):

$$V = \beta_0 + \beta_1 F + \beta_2 F^2 + \beta_3 Z + \mu \quad \dots \dots (3),$$

donde μ es el término de error.

Los términos lineales y cuadráticos de las variables temperatura y precipitación se introducen para capturar las relaciones no lineales entre el clima y el rendimiento de los cultivos. Los términos cuadráticos reflejan que la respuesta del valor de la tierra, proporcionada a través de la función ricardiana, a cambios en variables climáticas puede ser no lineal. Por ejemplo, a bajos niveles temperatura, la decisión óptima del productor puede ser cultivar trigo; no obstante, conforme la temperatura aumenta, la rentabilidad marginal del trigo es decreciente hasta alcanzar un punto en el que se vuelve negativa. Es entonces cuando el productor puede tomar, como decisión óptima, la adopción de nuevo cultivo adaptable a temperaturas mayores (Cepal 2010). Al seguir esta

lógica, el modelo ricardiano asume un comportamiento adaptativo de los productores a lo largo del ciclo productivo intertemporal (Mendelsohn *et al.* 1994), que se refleja en la maximización de ingresos. De esta forma, el efecto marginal de uno de los componentes climáticos sobre el ingreso neto del productor agrícola, se establece por la siguiente ecuación:

$$\frac{dV}{df_i} = b_{1i} + 2b_{1i}f_i \quad \dots \dots (4)$$

Asimismo, el cambio en el valor de la tierra como resultado del cambio de escenario climático C_0 a C_1 se expresa a través de la ecuación (5):

$$\Delta LV = LV(C_1) - LV(C_0) \quad \dots \dots (5)$$

Una vez estimada la relación entre el ingreso neto y las variables climáticas, se puede evaluar la función ricardiana en uno y otro escenario climático para obtener el monto monetario por el cual el valor de la tierra, o flujo neto de ingresos, será afectado (Cepal 2010). Si $\Delta LV < 0$, existen evidencias de efectos negativos en la rentabilidad agrícola derivados de variaciones en el clima.

Las principales críticas al modelo ricardiano radican en el uso de la estática comparada. El resultado de la ecuación (3) se basa en el supuesto de que el resto de las variables explicativas, por ejemplo, sociodemográficas, no cambian entre los escenarios C_1 y C_0 . Se asume, así, que cualquier cambio en los niveles de educación entre $t = 0$ y $t = 1$ no provocará efectos en la productividad. Además, ha habido preocupación sobre el papel de los cambios de precios de los productos agrícolas. Aunque los cambios en la oferta local podrían ser dramáticos, los precios de los cultivos tienden a ser determinados por los mercados globales. Con la expansión de la producción de cultivos en algunas partes del mundo y la contracción de los demás, se espera que los cambios en el precio de los cultivos como consecuencia del nuevo contexto introducido por el cambio climático sea pequeño (Niggol Seo y Mendelsohn 2008).

Capítulo V. Metodología

1. Información utilizada

Con el objetivo de identificar cuál será el impacto de las variaciones en temperatura sobre el ingreso neto de los agricultores, es necesario contar con una base de datos que contenga información sobre ambas variables en el nivel de agricultor. Para la información relacionada con la actividad agrícola, se utilizó la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos – Enapres- elaborada por el INEI correspondiente al periodo 2010-2012, que presenta, entre otros datos, información transversal sobre las características de la actividad agrícola, el conocimiento y la aplicación de buenas prácticas y tecnologías agrarias, y los beneficios de los servicios de extensión agraria para los veinticuatro departamentos del Perú y la Provincia Constitucional del Callao. El tamaño de la muestra anual en el ámbito nacional fue de 51.504 viviendas particulares, en que el 67% de viviendas correspondían al área urbana y el 37% restante, al área rural. Específicamente, se utilizaron los siguientes capítulos de la encuesta:

- Capítulo 2000 - Características de la actividad y la explotación agropecuaria: presenta información sobre la experiencia agropecuaria del productor, el tipo de actividad agropecuaria desarrollada, el número y ubicación de las explotaciones agropecuarias trabajadas o a su cargo, el número de parcelas que las integran, y el área total de cada una de sus explotaciones.

Asimismo, ofrece información sobre el régimen de tenencia, los usos de la tierra, la fuente y cantidad de agua empleada, el mantenimiento de sistemas de riego, y la identificación de problemas de degradación del suelo respecto de cada parcela que conforma la explotación agropecuaria investigada.

- Capítulo 2100 - Cultivos cosechados de la explotación agropecuaria: presenta información sobre la superficie sembrada y cosechada de los cultivos transitorios y/o permanentes, así como las características de los cultivos cosechados, el volumen y valor de cada cultivo cosechado detallando sus distintos destinos.
- Capítulo 3000 - Costos de producción de la actividad agropecuaria: proporciona información sobre el costo total de la producción agropecuaria en los últimos doce meses, mediante datos sobre los gastos realizados en los diferentes rubros para el desarrollo de la actividad agrícola y/o pecuaria.

La Encuesta cuenta con información disponible para el periodo 2010-2013. Como la variable de interés para el presente estudio es el ingreso neto, esta ha sido construida con la información sobre ingresos y gastos del productor declarada en la Encuesta. Para 2013, no se presenta información sobre gastos; debido a esto, se descartó el uso de este año. Posteriormente, se realizó la revisión de información para el periodo 2010-2012, en la cual, para 2010, se encontró información incompleta en el capítulo que trataba sobre el empleo del individuo encuestado, y, principalmente, inconsistencias en los capítulos relacionados con la actividad agrícola, por ejemplo, ausencia de información sobre explotaciones agropecuarias, inconsistencias en las unidades de medidas de las parcelas declaradas y duplicados en la información de producción presentados. Por tales motivos, se decidió utilizar la Encuesta para los años 2011 y 2012.

En cuanto a la información climática, se utilizó la base de datos *WorldClim - Global Climate Data*, elaborada por Hijmans *et al.* (2005), del Museo de Zoología Vertebrada, Universidad de California, Berkeley. Mediante un método de interpolación, los autores desarrollaron superficies climáticas a nivel mundial, sin incluir la Antártida, con una resolución espacial de un kilómetro. Para el periodo 1950-2000, se presenta información promedio de la temperatura y sus distintos valores estadísticos: promedio, mínimo, máxima y desviación estándar.

A partir de esta información, y siguiendo la literatura revisada, se construyeron variables climáticas- de temperatura y precipitación- para cada una de las cuatro estaciones, verano, invierno, otoño y primavera, las cuales fueron incluidas en distintas especificaciones del modelo. Por otro lado, debido a que la Encuesta no está georreferenciada, se asignó el valor de la temperatura distrital a cada agricultor, de acuerdo al distrito al que pertenece.

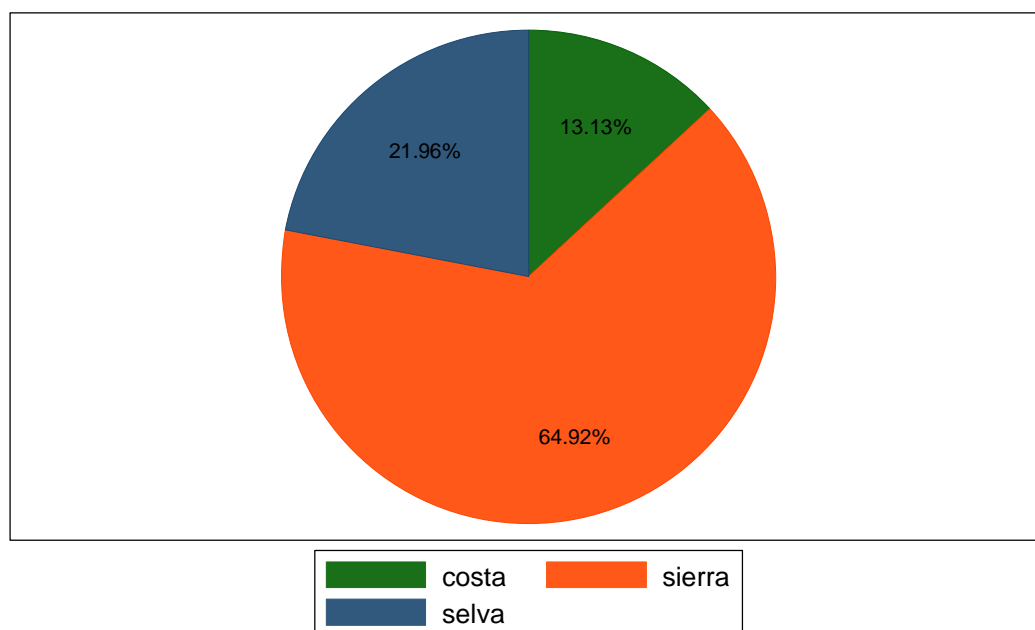
Por último, la información referida a los suelos fue obtenida del mapa digital de suelos global elaborado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 1971), que presenta los recursos del suelo a nivel mundial a una escala de 1:5 000 000.

2. Características de los productores agrícolas, según Enapres 2011-2012

A continuación, se discutirán algunas de las características básicas de los agricultores peruanos, según la información que se encuentra en la base de datos de la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos (Enapres) 2011 y 2012. Debe mencionarse que se considerarán las diferencias entre las características de los agricultores según región natural pues, como se ha mencionado, la

agricultura peruana no es homogénea en todo el país, y presenta diferencias significativas entre la costa, la sierra y la selva.

Gráfico 4. Número de agricultores por ámbito geográfico (porcentaje)



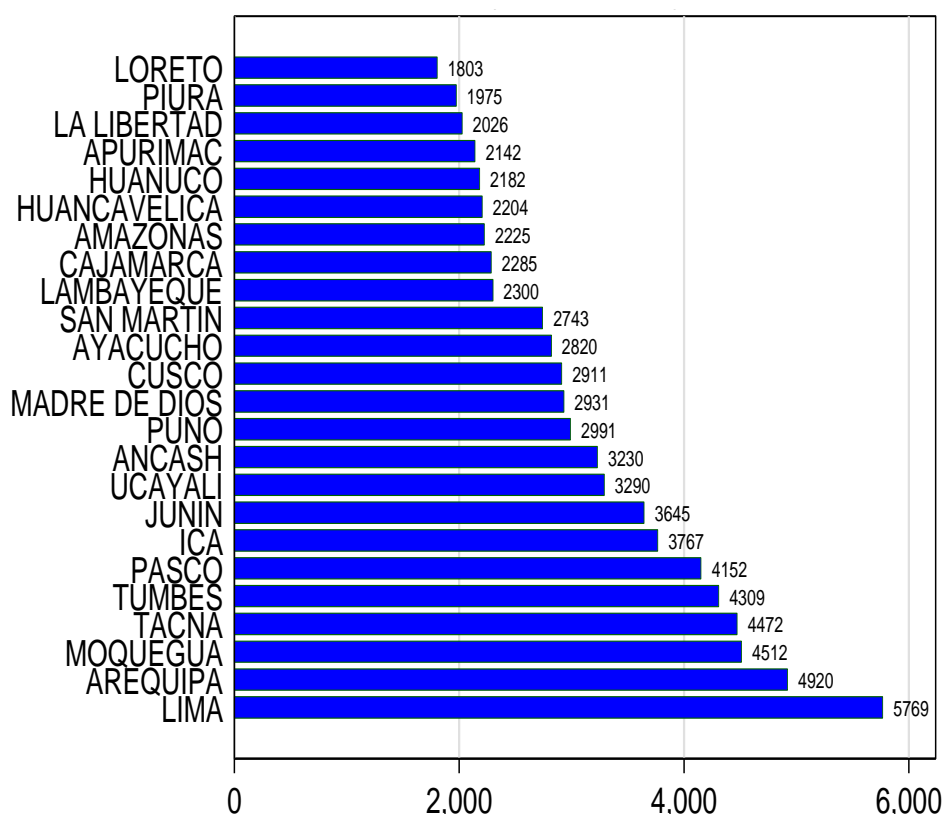
Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración: Propia.

El Gráfico 4 muestra la distribución de productores agrícolas según ámbito geográfico, considerando las tres regiones naturales del Perú: costa, sierra y selva. La mayor cantidad de agricultores peruanos se encuentran ubicados en la región sierra: el 65%; le sigue en número de agricultores la región selva con el 22% de agricultores; y, por último, la costa, con 13% de agricultores. Entonces, en términos de número de agricultores, se evidencia que la zona sierra es la más predominante y en ella los efectos de la variabilidad climática podrían potencialmente afectar a un mayor número de familias.

Por otro lado, el Gráfico 5 ofrece la distribución del ingreso promedio por departamento. Se observa que, en los departamentos de Lima, Arequipa, Moquegua y Tacna, ubicados en la costa del Perú, viven los agricultores con mayores ingresos. A pesar de que el mayor número de agricultores en la muestra se encuentran ubicados en la sierra, son estos mismos los que reciben menores ingresos en promedio, lo que podría deberse a una menor productividad. En este sentido, se esperaría que, ante variaciones de la temperatura producto de la variabilidad climática, sean ellos los más vulnerables.

Gráfico 5. Ingreso neto promedio de agricultores por departamento (en soles)



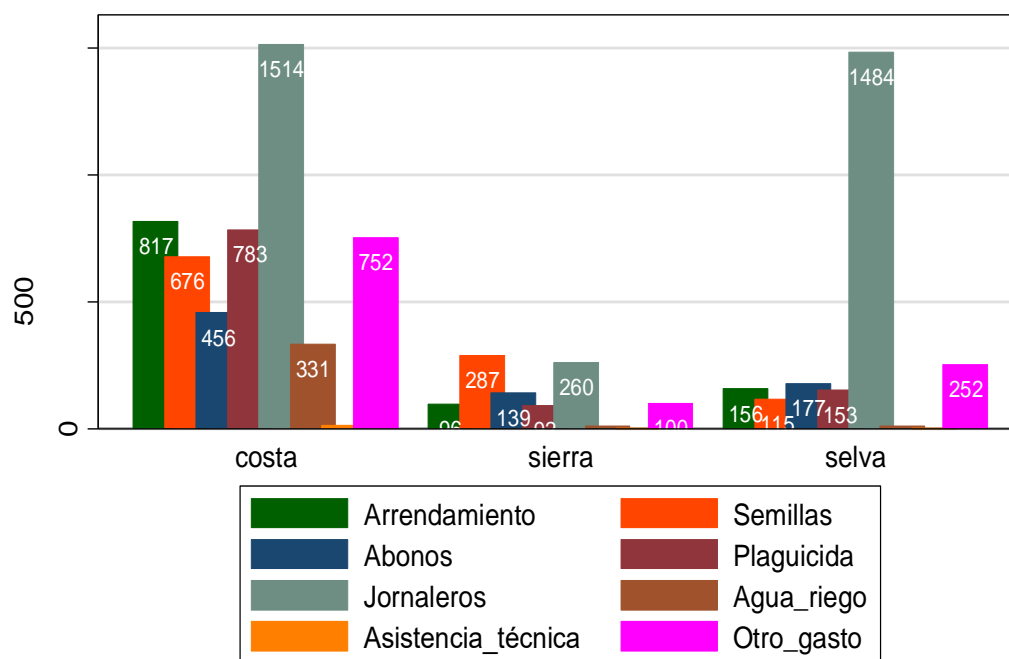
Fuente: INEI, 2011; 2012.
Elaboración: Propia.

Con respecto a los gastos de producción incurridos por los agricultores, la Enapres recoge los gastos por rubros generales del total de la actividad agrícola (INEI 2011; 2012). Los rubros considerados son arrendamiento, semillas, abonos, plaguicidas, pago a jornaleros, gasto en agua para riego, asistencia técnica y otros gastos. El Gráfico 6 revela que la costa presenta mayores gastos de producción en general, lo cual se corresponde con un nivel de producción más tecnificado. Mientras que el gasto en jornaleros representa el mayor porcentaje del total de gastos para las tres regiones naturales, el resto de rubros de gasto varía en importancia en las tres: en la costa, los gastos en arrendamiento, plaguicidas y abonos son los más importantes después de la mano de obra; el rubro “otros” también es importante, e incluye partidas como alquiler y mantenimiento de maquinaria. En la sierra, el gasto en semillas es importante, seguido de los abonos, mientras que en la selva la importancia de los abonos, plaguicidas y arrendamiento es similar.

Estas características confirman las importantes diferencias entre la agricultura de las tres regiones naturales del país; en términos de gastos, este es hasta seis veces mayor en la costa que en la sierra o en la selva. Aislado los gastos en jornaleros, se puede observar que los gastos en insumos y

operacionales son mucho mayores en la costa, lo cual reflejaría las diferencias en escala y desarrollo de la actividad agrícola entre los territorios; así, se puede concluir que, en la costa, esta actividad cuenta con mayor capital e insumos, que claramente repercutirían en su rendimiento. Ante variaciones en temperatura, el consumo en este tipo de insumos podría incrementarse a fin de amainar el impacto negativo o aprovecharlo.

Gráfico 6. Gasto de producción promedio por tipo de región (en soles)



Fuente: INEI, 2011; 2012.

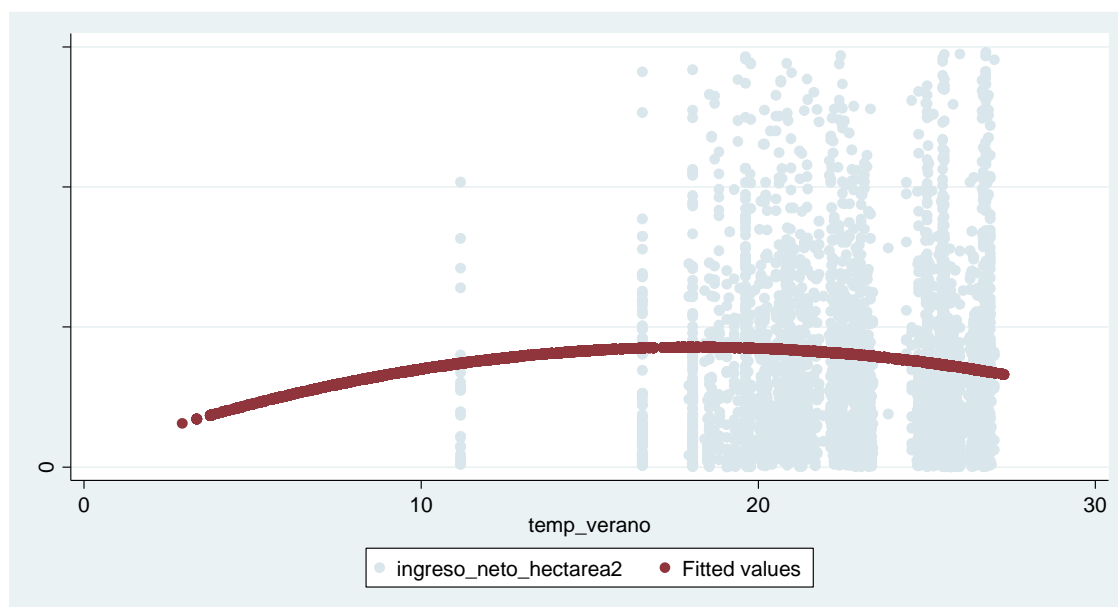
Elaboración: Propia.

Los Gráficos 7, 8 y 9, que se presentan a continuación, muestran la relación entre la temperatura promedio en las estaciones de invierno y verano, y el ingreso neto de los agricultores, definido como los ingresos menos los gastos en actividad agrícola, según región natural⁷. Se ha ajustado una regresión de la temperatura sobre el ingreso considerando una relación cuadrática de la temperatura de acuerdo a lo que señala la literatura relacionada: los incrementos en la temperatura pueden ser positivos sobre el ingreso neto hasta un punto determinado a partir del cual la temperatura surte efectos negativos. El ingreso estimado con este método se muestra en los Gráficos 7, 8 y 9. Sin embargo, como se puede observar de la dispersión de los datos, no basta una relación univariada para explicar las variaciones del ingreso neto, sino que es necesario

⁷ Este mismo ejercicio se realizó para observar la relación entre el ingreso neto por hectárea y los niveles de precipitación para las mismas temporadas. Los resultados son presentados en el Anexo 1.

controlar por más variables explicativas, de modo tal que se pueda hacer un análisis más fino del efecto de la temperatura y sus variaciones sobre el ingreso neto.

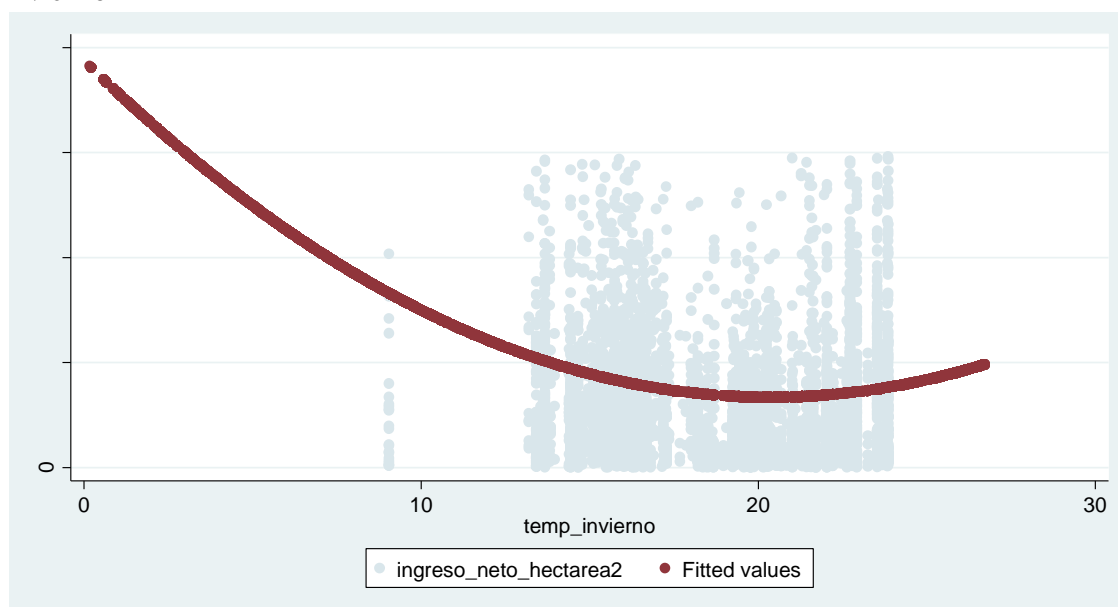
Gráfico 7. Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la costa y temperatura de verano



Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración: Propia.

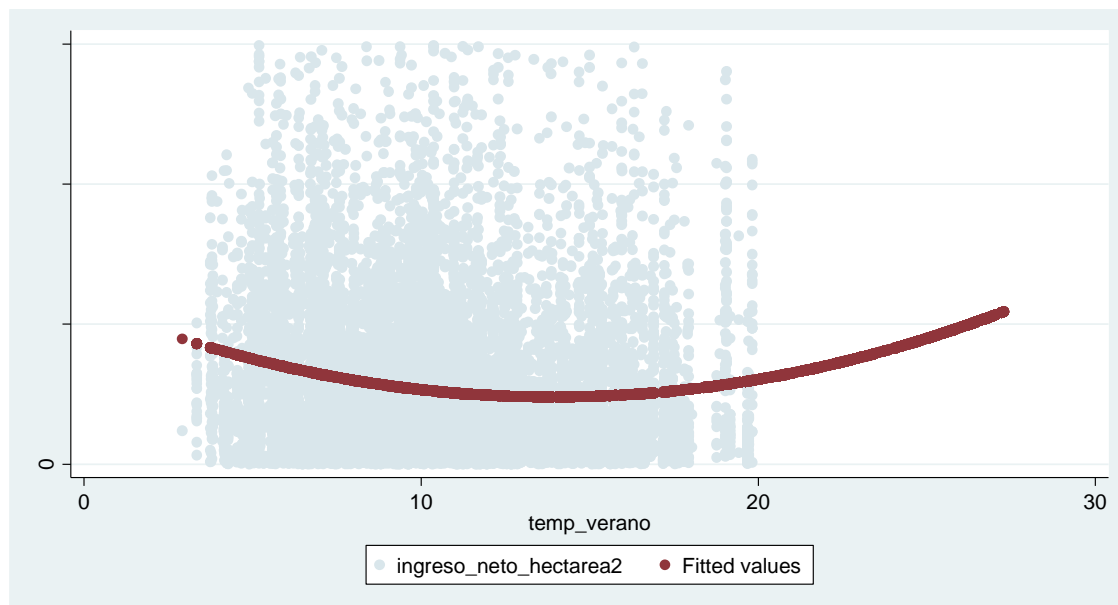
Gráfico 8. Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la costa y temperatura de invierno



Fuente: INEI, 2011; 2012.

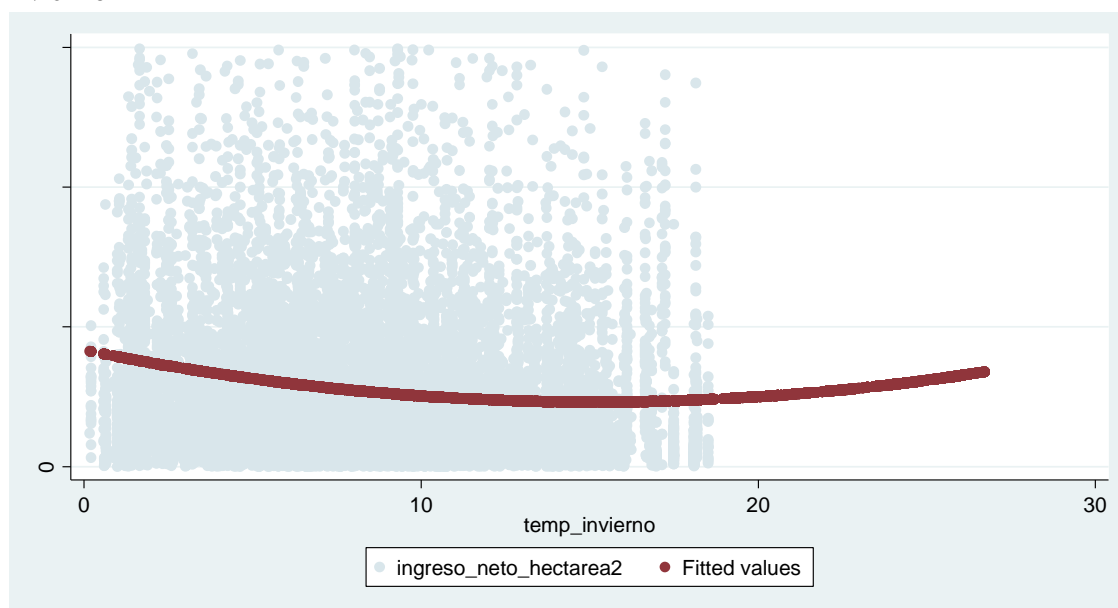
Elaboración: Propia

Gráfico 9. Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la sierra y temperatura de verano



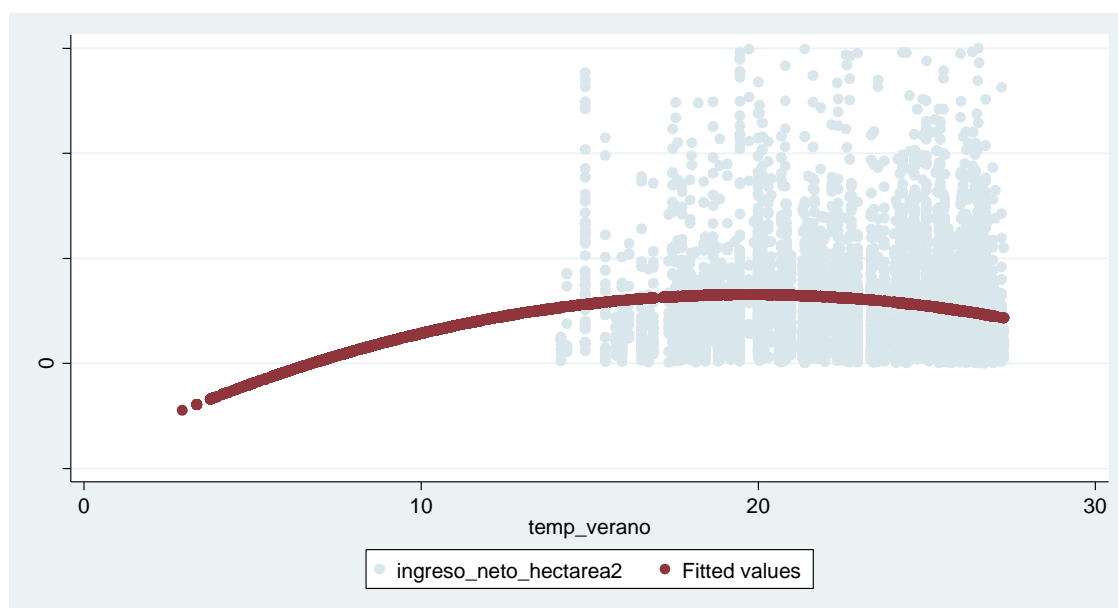
Fuente: INEI, 2011; 2012.
Elaboración: Propia.

Gráfico 10. Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la sierra y temperatura de invierno



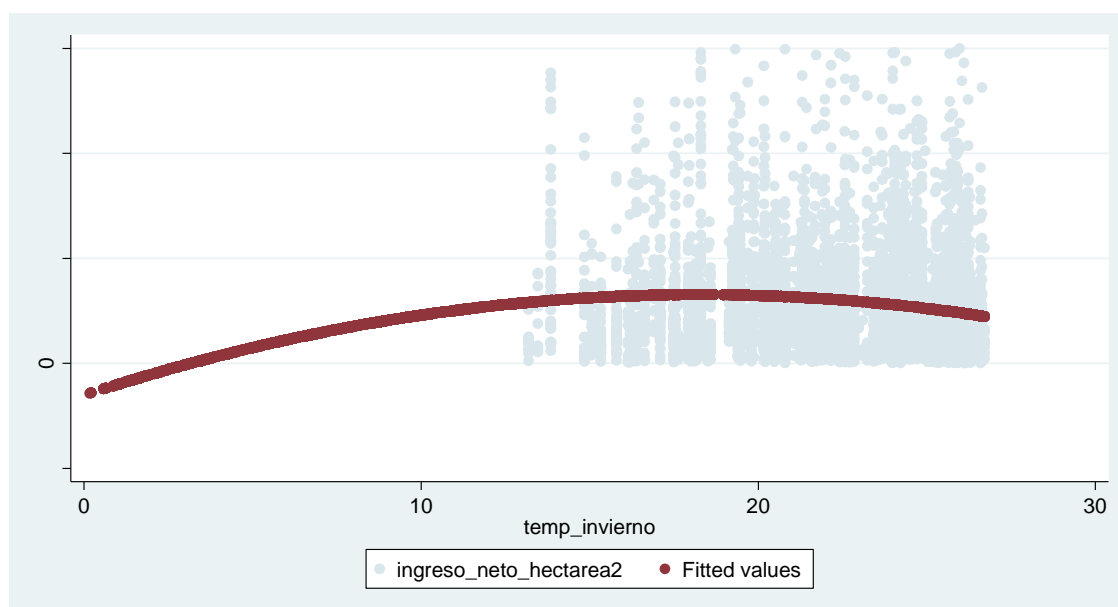
Fuente: INEI, 2011; 2012.
Elaboración: Propia.

Gráfico 11. Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la selva y temperatura de verano



Fuente: INEI, 2011; 2012.
Elaboración: Propia.

Gráfico 12. Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la selva y temperatura de invierno



Fuente: INEI, 2011; 2012.
Elaboración: Propia.

En los gráficos presentados, se puede observar que el impacto de la temperatura promedio produce un efecto no lineal sobre el ingreso neto por hectárea de los agricultores, según la región. Se observa que, a bajos niveles de temperatura, el ingreso neto no se ve drásticamente afectado. Sin

embargo, excepto por la sierra y la temporada de verano en la costa, a medida que la temperatura se incrementa, el impacto marginal de esta sobre el ingreso se vuelve mayor hasta llegar a un punto máximo a partir del cual la temperatura ejerce un impacto negativo sobre el ingreso neto. Se esperaría que, en este punto, a fin de maximizar sus ingresos, el productor decida cambiar de cultivo, prácticas agrícolas e incluso cambio de actividad, como se observó en la revisión de literatura. En el caso de la sierra, la relación positiva entre la temperatura y los ingresos netos podrían reflejar que las características geográficas, como el tipo de suelo, o la canasta de producción de los agricultores de la encuesta que se encuentran en esta región responden favorablemente ante incrementos en la temperatura y que son determinantes en su ingreso.

En la Tabla 2, presentada más adelante, se ofrecen variables adicionales que permitirán caracterizar a los agricultores de la muestra. Se puede observar que son los agricultores de la costa los que presentan niveles de ingreso neto mayores, seguidos por los agricultores de la selva. En cuanto a los gastos, esta relación se mantiene, pero cabe resaltar que los gastos incurridos por los agricultores de la costa son aproximadamente tres y cinco veces mayores que los de la selva y sierra, respectivamente. La variable ingreso neto está construida como la diferencia entre los ingresos globales obtenidos por el agricultor y los gastos incurridos; por ello, si los agricultores de la selva son los segundos con un mayor ingreso y sus gastos son tres veces menores a los de la costa, esto explicaría los altos ingresos netos que se muestran en la Tabla 2.

Si estos resultados se contrastan con la extensión de tierra promedio que poseen los agricultores en las tres regiones, se puede observar que son los de la costa los que cuentan, en promedio, con menores extensiones de tierra; sin embargo, perciben el mayor ingreso promedio. Este resultado podría dar indicios de una mayor productividad en este grupo de agricultores en comparación con el resto. Es interesante recalcar los valores que toman la edad promedio y experiencia de los agricultores por región. Se puede constatar que ambas variables no presentan grandes diferencias entre regiones, lo que permitiría inferir, nuevamente, que las diferencias en ingreso se deben a diferencias en productividad de la actividad agrícola entre ambas regiones.

En esta línea, se aprecia que los agricultores de la muestra ubicados en la sierra del país presentan el mayor número de parcelas bajo secano, lo que refuerza la idea expuesta en el párrafo anterior, referida a que las diferencias en productividad se deben a características operacionales y de capital humano. Por otro lado, la variable tipo de piso serviría como una variable indicativa del nivel de riqueza del agricultor (como *stock*). Como se muestra en la Tabla 2, un mayor número de agricultores de la sierra habitan en una vivienda que presenta un piso de tierra, lo que indica que su nivel de riqueza es bajo. Esta misma relación se puede observar en la variable sin educación,

que se construye para identificar a los agricultores que no han culminado o iniciado los estudios de primaria.

Tabla 2. Características de los agricultores por región (Enapres 2011-2012)

	Costa	Sierra	Selva
Ingreso neto promedio	S/. 4.039,53	S/. 2.637,13	S/. 2.799,86
Gasto total promedio	S/. 6.707,63	S/. 1.135,79	S/. 2.635,17
Extensión promedio de parcela (Ha)	2,27	3,25	8,07
Cosecha promedio (Has)	2,37	1,17	3,50
Agricultores sin educación (%)	11,01	71,07	17,92
Agricultores con primaria completa (%)	11,58	60,74	27,68
Agricultores con secundaria completa (%)	20,66	58,6	20,74
Agricultores en hogares con piso de tierra (%)	8,97	75,43	15,6
Edad promedio del agricultor	52	50	45
Experiencia promedio del agricultor (años)	2,87	2,94	2,86
Agricultores con parcela propia (%)	11,32	66,58	22,1
Agricultores con parcela bajo secano (%)	1,54	65,34	33,12
Agricultores con algún sistema de riego (%)*	36,57	59,7	3,79

Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración Propia.

*Se considera a un agricultor con algún sistema de riego si aplica alguno de las siguientes técnicas: gravedad, mangas multicompuertas, aspersión, microaspersión, goteo u otro sistema de riego

3. Metodología de estimación

Tal como se señaló en secciones anteriores, para medir el impacto del clima sobre el ingreso neto de los agricultores, se empleará un modelo de corte transversal, que permitirá dicho impacto sobre los agricultores ubicados en diferentes zonas del país, quienes enfrentan distintos niveles de clima, tipos de suelo y otras condiciones de producción. A partir de la identificación de los cambios en el rendimiento de la unidad agrícola producto de variaciones en el clima, se pueden estimar los impactos de largo plazo. La ventaja de este tipo de modelo es que captura plenamente la adaptación, ya que cada agricultor se adapta al clima que experimenta; esta adaptación se refleja en la maximización de sus ingresos. Este modelo mide el costo neto total del cambio climático, incluidos los costos, así como los beneficios de la adaptación.

Una de las ventajas de utilizar datos de agricultores individuales es que se cuenta con un amplio conjunto de datos sobre las características de los mismos que pueden servir como mejores controles. Se dispone de información sobre características socioeconómicas y demográficas que pueden afectar la productividad agrícola. Estos datos individuales permitirán controlar mejor los factores no climáticos con más cuidado que los estudios que dependen de los datos agregados.

El modelo ricardiano estima el impacto de los valores normales del clima sobre el proceso de maximización de ingresos de los agricultores una vez que se ha alcanzado el nivel estacionario. Es decir, considera que la tierra se está usando en su mejor uso posible, dados los valores exógenos del clima, y otras variables como tipo de suelo, precio de los insumos y características socioeconómicas del agricultor. En ese sentido, las mediciones de clima mensuales y aún anuales pueden ser muy fluctuantes debido a los ciclos naturales de fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, cuyos ciclos duran hasta treinta años, por lo que no necesariamente estarían reflejando de forma adecuada el clima de largo plazo que considera el agricultor en su equilibrio estacionario

Para la estimación empírica del modelo discutido en el marco teórico, se empleará una regresión de mínimos cuadrados del ingreso neto de los agricultores de la Enapres 2011-2012 tomados como un solo *pool* de datos. Se emplearán como variables explicativas la temperatura, y variables de caracterización de los agricultores y su producción, así como de caracterización común a un grupo geográfico de agricultores, según se señala en la siguiente ecuación:

$$\log(IN) = \beta_1 Temp + \beta_2 Temp^2 + \beta_3 Prec + \beta_4 Prec^2 + \beta_{Suelos} Suelos + \beta_{CUA} CUA + \beta_{CPA} CPA + \beta_{CHA} CHA + \beta_{CG} CG + \varepsilon$$

- IN* = Ingreso neto por hectárea de la unidad agrícola
- Temp* = Temperatura promedio del distrito para el periodo de campaña agrícola
- Prec* = Precipitación promedio del distrito para el periodo de campaña agrícola
- Suelos* = Es una matriz que contiene las distintas composiciones del suelo según la clasificación de la FAO.
- CUA* = Es una matriz que contiene características de la unidad agrícola, tales como extensión, ubicación, uso de sistema de riego, etc.
- CPA* = Es una matriz que contiene características del productor agrícola, como edad, años de experiencia, nivel educativo, etc.
- CHA* = Es una matriz que contiene información sobre el hogar agrícola, como el número de miembros del hogar, si la vivienda tiene electricidad, si tiene piso de tierra, etc.
- CG* = Es una matriz que contiene información sobre la ubicación de la unidad agrícola, altitud del distrito, entre otros.

Se debe tener en cuenta que la estimación por mínimos cuadrados ordinarios arrojará resultados eficientes y consistentes en tanto se cumplan los supuestos de no autocorrelación de los errores, homocedasticidad de la varianza del error, y la ortogonalidad del error y las variables explicativas.

Puesto que la información disponible para efectuar la estimación es de corte transversal, se trabajará con una estimación de errores robustos para corregir posibles problemas con la varianza del error producido por presencia de heterocedasticidad. Se ha realizado una estimación sobre submuestras determinadas según las tres regiones geográficas del Perú, costa, sierra y selva, a fin de reflejar las características propias de cada una de estas.

Entre las variables explicativas del modelo, se encuentran las relacionadas con las características del agricultor y el hogar, como el nivel de educación, la edad del jefe de hogar, el tamaño familiar (como una *proxy* de fuerza laboral), el nivel de riqueza (medido a través del tipo de piso del hogar), y el tipo de características del suelo por su composición (según la clasificación de la FAO). Por otro lado, la extensión de las hectáreas cosechadas, la altitud de la unidad productiva y el tipo de tenencia de tierra reflejan características de la unidad agrícola.

Con respecto a las variables de clima empleadas, normales a cincuenta años de temperatura y precipitación, debe mencionarse que es característico de los factores climáticos variar a lo largo del tiempo de forma continua con ciclos que son diarios, por estaciones, anuales e incluso de varias décadas, dependiendo de los fenómenos climáticos por evaluar. En general, los agricultores

ajustan sus actividades diarias y su planificación según se presentan las variaciones de los factores climáticos o según cómo esperan que variarán en el futuro.

Para el presente análisis, no se consideran estas variaciones en un día o en un año (por estaciones), ni tampoco las ocurrencias extremas de fenómenos climáticos como heladas, inundaciones, sequías, entre otros. Las primeras son de patrones relativamente regulares y los agricultores pueden manejarla con relativa facilidad; las segundas, por otro lado, son impredecibles y temporales en la mayoría de los casos, por lo que afecta a los agricultores en el corto y mediano plazo, mas no necesariamente cambiará de forma significativa la forma en que producen⁸. Por la misma razón, no se considerará la variación de año a año del clima.

En este estudio, se analizan los impactos de las variaciones en las normales de temperatura y precipitación, las cuales reflejan los patrones climáticos a largo plazo y se definen como el promedio de cincuenta años de tiempo. Se postula que a este nivel es posible capturar las diferencias en clima lo suficientemente sostenibles como para generar cambios igualmente sostenibles en los patrones de producción y otras medidas de adaptación⁹. Asimismo, este análisis cobra especial relevancia en un contexto de cambio climático¹⁰, ante el cual la mayoría de escenarios predice cambios en los niveles normales de clima, así como un incremento de la variabilidad del mismo y en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos. Específicamente, el consenso general es que futuros cambios en los niveles normales del clima, en particular sobre la temperatura y precipitación, originarán ajustes en los regímenes de tierra y agua que afectarán la productividad agrícola (Kurukulasuriya y Ajwad 2004).

4. Alcances y limitaciones del estudio

La presente investigación es la primera evaluación del impacto del clima sobre el ingreso neto por hectárea del agricultor a nivel nacional. Como tal, su desarrollo ha presentado limitaciones que deben ser definidas a fin de asegurar la correcta interpretación los resultados.

⁸ Dependiendo del fenómeno climático extremo, sí se podría cambiar permanentemente la forma de producir; por ejemplo, repetidas inundaciones podrían generar que se muevan los cultivos a las zonas más altas dentro de la misma parcela para evitar la pérdida por inundación. Este tipo de impacto sobre el ingreso y los mecanismos de adaptación de los agricultores no se estudian en el presente documento.

⁹ Una medida de adaptación es cualquier cambio que el agricultor realice en su forma de producir, en lo que produce, o en cuándo y cuánto produce como respuesta a las variaciones de factores climáticos. En el presente estudio, se incluye en el análisis la adaptación que proviene de variaciones en las normales del clima (promedios de largo plazo).

¹⁰ La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Organización de las Naciones Unidas [ONU] 1992: 3) definió el cambio climático como «el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables».

Existe un rango óptimo de temperatura y precipitación, en el cual los cultivos alcanzan su máximo crecimiento y producción; en consecuencia, condiciones climáticas subóptimas afectarían esta interacción. Muchos estudios han identificado el impacto de las variaciones climáticas tomando esta relación en consideración. Sin embargo, en la presente investigación, al no existir en el Perú información específica sobre los gastos incurridos en la producción de cada uno de los cultivos cosechados por el agricultor, se ha utilizado el ingreso neto percibido por el agregado de los cultivos producidos.

Otro factor limitante es la información climática futura. Este estudio examina cuál ha sido el impacto del clima de largo plazo sobre el ingreso neto del agricultor, a fin de tomarlo como base para vislumbrar los posibles impactos de fenómenos de largo plazo, como el cambio climático. Sin embargo, al no contar con acceso a las proyecciones anuales de la temperatura y precipitación, no se logró determinar cómo el cambio climático afecta la variabilidad climática y cómo esta afecta el ingreso neto por hectárea del agricultor. No obstante, por medio del análisis de los efectos marginales de ambas variables sobre el ingreso, se podría aproximar la sensibilidad del ingreso ante el incremento en la temperatura de, por ejemplo, 1 °C. Esto serviría como una aproximación del impacto en el ingreso que provocarían las nuevas condiciones impuestas por el cambio climático.

Por otro lado, uno de los supuestos del modelo ricardiano es que, ante variaciones en el clima observadas por los agricultores, estos ajustarían o adoptarían nuevas prácticas agrícolas. Estas decisiones se reflejarían en la maximización de sus ingresos netos, los que están constituidos por beneficios obtenidos y costos incurridos, y es esta última variable la que incorpora los costos de estos ajustes. Debido a que el análisis es un análisis de estática comparativa, ya que asume que los agricultores han alcanzado el equilibrio de largo plazo, no se consideran los costos de transición.

Otra limitación del enfoque ricardiano señalada en la literatura sobre el tema es la falta de tratamiento de los precios y los posibles impactos de cambios en el precio ante distintas condiciones climáticas. Desde Cline (1996), se ha criticado que, debido a que es un análisis de equilibrio parcial que implica que no existen cambios en el precio, el enfoque ricardiano podría estar subestimando los efectos negativos del clima y sobreestimando los beneficios (Di Salvo *et al.* 2013). Mendelsohn y Tiwari (2000) sostuvieron que es complicado incorporar los efectos precio de forma adecuada usando cualquier método. Primero, para la mayoría de cultivos, los precios son determinados en los mercados globales, asumiendo que el precio que paga el mercado

no es muy diferente al precio que recibe el productor agrícola, y la predicción de lo que ocurriría con los precios requeriría modelos mundiales de cultivos. Sin embargo, la mayoría de estos modelos tienen problemas para ser adecuadamente calibrados y, actualmente, es difícil predecir qué pasará con la oferta de un cultivo en un nuevo clima global. Por otro lado, incluso si se consideran los pocos estudios efectuados a nivel global sobre el efecto en la oferta agregada de incrementos en la temperatura, se ha estimado que a nivel global el efecto es muy pequeño, pues los incrementos y las reducciones se compensan mundialmente. Por lo tanto, si el efecto sobre la oferta agregada es pequeño, no es inadecuado asumir precios internacionales relativamente constantes o que, en todo caso, el sesgo por no incluir los cambios en precio es menor justamente, debido a que no se esperan cambios grandes en la oferta agregada mundial (Tadesse 2007).

Capítulo VI. Resultados de la estimación

Debido a que el presente estudio busca determinar cuál es el impacto de las variaciones en los niveles de temperatura de largo plazo sobre el ingreso neto de los agricultores ubicados en distintos lugares del territorio, se realizaron las estimaciones sobre tres submuestras que representan las regiones naturales del Perú; la costa, la sierra y la selva. Las especificaciones del modelo responden a la literatura del método ricardiano y a la literatura relacionada con los determinantes del ingreso agrícola.

En la estimación sobre la submuestra de la costa, se puede apreciar que tanto la temperatura y la precipitación promedio en la temporada de invierno y verano resultaron significativas¹¹. Se puede notar que el efecto del promedio de la temperatura en verano sobre el ingreso neto del agricultor de la costa es positivo; sin embargo, a medida que la temperatura se incrementa en esta temporada, el efecto se torna negativo. En cuanto a la temporada de invierno, sucede lo contrario: mayores niveles de temperatura presentan un efecto positivo sobre el ingreso neto. El efecto de niveles altos de precipitación sobre el ingreso neto del agricultor, en ambas temporadas, es negativo.

De igual modo, son significativas las variables relacionadas con el tipo de suelo. En la costa, el suelo arenoso produce un efecto negativo sobre el ingreso neto promedio del agricultor, mientras que el suelo arcilloso causa un efecto contrario, positivo. El tipo de suelo del distrito resulta también significativo para determinar el ingreso neto del agricultor. Así, los suelos cambisoles, fluvisoles y regosoles en el distrito ejercen un efecto positivo sobre el ingreso neto del agricultor.

En cuanto a las características del agricultor, se incluyó el nivel de educación del jefe de hogar para capturar efectos tales como la capacidad de adoptar nuevas tecnologías, y la capacidad de mejoras en las prácticas agrícolas y de comercialización, que demandan mayores niveles de instrucción. Se observa que, si el agricultor cuenta con educación superior, su ingreso se incrementa. También se incluyó el género del jefe de hogar en el modelo; en los resultados para esta submuestra, se observa que ser varón es más rentable, en comparación a si una mujer ejerce este mismo rol, lo cual se podría deber a que la actividad agrícola requiere de mucha mano de obra. Asimismo, como una *proxy* de años de experiencia, se tomó en cuenta la variable edad del agricultor; como se observa en los resultados, para los agricultores de la costa, la edad tiene un

¹¹ En la especificación del modelo, se incluyeron variables climáticas, temperatura y precipitación, que reflejen las características de las cuatro estaciones del año; sin embargo, fueron el verano y el invierno las que resultaron más significativas.

efecto positivo sobre el ingreso neto, pero, a medida que el agricultor adquiere mayor edad, este efecto se convierte en negativo.

De acuerdo a la literatura revisada, una *proxy* de la mano de obra utilizada en la producción es el número de personas que viven en el hogar. En el caso de la costa, el efecto de esta variable es positivo, pero muy marginal. Como se observó en el subcapítulo 2 del capítulo V, esta región es aquella donde se presentan mayores gastos en insumos y mayores niveles de productividad, cifras medidas por ingresos obtenidos por hectáreas. A partir de ello, se podría inferir que, en la costa, la actividad agrícola sería una actividad con características comerciales; luego, el número de personas en el hogar no reflejarían totalmente la mano de obra incurrida en la producción. El acceso a la electricidad, como una *proxy* de la cercanía del agricultor al mercado, genera un efecto positivo sobre el ingreso neto en la costa. Por otro lado, si el hogar tiene piso de tierra, la cual es una variable que indica el nivel de riqueza, se reduciría el ingreso neto promedio del agricultor. A continuación, en la tabla 3, se presentan los resultados de la estimación del modelo.

Tabla 3. Resultados de estimación del modelo de ingreso neto

Variable dependiente: Logaritmo del ingreso neto por hectárea del agricultor			
	COSTA	SIERRA	SELVA
<u>VARIABLES CLIMÁTICAS</u>	-	-	-
Temperatura invierno	-0.5908 ***	0.05826 ***	-1.3716 ***
Temperatura invierno al cuadrado	0.0151 ***	-0.00512 ***	0.0289 ***
Temperatura verano	0.7129 ***	-0.24546 ***	2.1601 ***
Temperatura verano al cuadrado	-0.0160 ***	0.01262 ***	-0.0466 ***
Precipitación invierno	-0.0030 ***	0.00840 ***	-0.0089 ***
Precipitación invierno al cuadrado	-0.0003 ***	-0.00006 ***	0.0000 ***
Precipitación verano	0.0069 ***	-0.00326 ***	-0.0006 *
Precipitación verano al cuadrado	-0.0001 ***	0.00001 ***	0.0000 ***
<u>VARIABLES DE TIPO DE SUELO</u>			
Textura suelo=arenoso (menos de 18% de arcilla, más de 65% de arena)	-2.2637 ***	-12.8603 ***	25.5170 ***
Textura suelo=mixta (menos de 35% de arcilla y menos de 65% de arena)			0.4190 ***
Textura suelo=arcilloso (más de 35% de arcilla)	1.9377 ***	0.3770 ***	0.3067 ***
Porcentaje de suelo acrisoles del distrito		-1.4518	0.5465 ***
Porcentaje de suelo cambisoles del distrito	81.3605 ***	-2.5174 ***	-0.6064 ***
Porcentaje de suelo ferrasoles del distrito			-
Porcentaje de suelo gleysoles del distrito		-2.7107	0.4363 ***
Porcentaje de suelo phaeozoms del distrito	-1.5825 **	-2.8409 ***	0.1354 ***
Porcentaje de suelo litosoles del distrito	1.9235 ***	-2.7888 ***	1.5532 ***
Porcentaje de suelo fluvisoles del distrito	0.0955 ***	-2.4488 ***	-2.5385 ***
Porcentaje de suelo kastanzems del distrito	4.3773 ***	-2.2911 ***	0.3526 ***
Porcentaje de suelo nitosoles del distrito		-2.5351 ***	-0.0558 ***
Porcentaje de suelo regosoles del distrito	4.0475 ***	10.1742 ***	-22.3506 ***
Porcentaje de suelo andosoles del distrito	0.9969 ***	-2.1655 ***	11.7508 ***
Porcentaje de suelo solonchaks del distrito		0.0000	0.0000
Porcentaje de suelo plantisoles del distrito		0.5768 ***	-0.9879 ***
Porcentaje de suelo vertisoles del distrito	-0.4231 ***	0.1872 ***	0.1852 ***
Porcentaje de suelo xerosoles del distrito	-11.6075 ***	-35.3048 ***	0.0000
Porcentaje de suelo yermosoles del distrito	17.5361 ***	0.0000	0.0000
<u>CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD AGRÍCOLA</u>	-	-	-
Tiene más de la mitad de sus hectáreas bajo seco.	-0.5903 ***	-0.1774 ***	-0.0255 ***
Más de la mitad de las hectáreas son propias.	0.1603 ***	0.0605 ***	0.0196 ***
<u>CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTOR AGRÍCOLA</u>	-	-	-
Es mujer.	-0.1801 ***	0.0278 ***	-0.1533 ***
Tiene como nivel educativo secundaria completa o superior.	0.1212 ***	0.0825 ***	0.0808 ***
Edad del agricultor	0.0080 ***	0.0015 ***	0.0026 ***
Edad del agricultor al cuadrado	-0.0001	-0.0001 ***	-0.0001 ***
<u>CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR AGRÍCOLA</u>			
Número de personas que viven en el hogar	0.0117 ***	0.0069 ***	0.0183 ***
La vivienda tiene piso de tierra.	-0.1687 ***	-0.2530 ***	-
La vivienda cuenta con electricidad.	0.2133 ***	0.1468 ***	0.0700 ***
<u>CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS</u>			
Dominio=Lima Metropolitana	1.7638 ***		
Dominio= Costa Centro	0.1018 ***		
Dominio= Costa Sur	0.6063 ***		
Dominio= Sierra Norte		-0.7690 ***	
Dominio= Sierra Centro		-0.0197 ***	
Dominio= Selva alta			-0.0918 ***
<u>OTROS</u>			
Constante	3.2521 ***	11.0999 ***	-1.2625 ***
N (muestra)	4,055	14,970	7,199
R2=	0.2087	0.1641	0.1246

Elaboración: Propia, 2015.
Nota: ***Variables son significativas al 1%
** Variables significativas al 5%
* Variables significativas al 10%

En términos de las características de la unidad agrícola, según la literatura e información sectorial revisada, se esperaba que los agricultores cuyas parcelas estén bajo secano presente menores niveles de ingresos ante variaciones en la temperatura. Esto se refleja en los resultados obtenidos, en los cuales los agricultores con más de la mitad de sus hectáreas bajo secano presentan en promedio un efecto negativo en el ingreso. En cuanto a la tenencia de tierra, se puede observar que los agricultores que son propietarios de por los menos el 50% de la extensión de su parcela obtendrían mayores ingresos netos en promedio que los que tienen parcelas alquiladas, comunitarias, prestadas o al partir.

De forma similar al modelo de la costa, en el modelo exclusivo de productores de la sierra han resultado significativas las variables climáticas de temperatura y precipitación promedio en temporada de verano e invierno. Se observa que el efecto de mayores niveles de temperatura sobre el ingreso neto de los agricultores es positivo en el verano, mientras que, en la temporada de invierno, el efecto es negativo. En cuanto a la precipitación, se observa que mayores niveles de precipitación en la temporada de invierno presentan un efecto negativo sobre el ingreso, mientras que, en la temporada de verano, el efecto es positivo.

De igual modo, son significativas las variables relacionadas con el tipo de suelo. En la sierra, el suelo arenoso genera un efecto negativo sobre el ingreso neto promedio del agricultor, mientras que el suelo arcilloso produce un efecto positivo. El tipo de suelo del distrito resulta también significativo para determinar el ingreso neto del agricultor. Así, los suelos tipo regosoles, plantisoles y vertisoles ejercen un efecto positivo sobre el ingreso neto del agricultor.

Sobre las características de la unidad agrícola, existe una relación negativa entre tener el número de hectáreas bajo secano y el ingreso neto del agricultor. Este resultado es similar al encontrado para la costa; en la sierra, es predominante la agricultura por secano, que depende solo del régimen de lluvia, lo cual representa una limitante para la producción agrícola; esta variable tiene el signo negativo esperado. En cambio, que las parcelas sean propias está relacionado con un mayor ingreso neto.

Con respecto a las características específicas del productor agrícola, los resultados son similares al modelo de la costa, en términos del efecto de la educación superior sobre el ingreso neto y la edad. Sin embargo, en este modelo, se puede observar que el ser mujer presenta un efecto positivo, aunque la magnitud es muy marginal sobre el ingreso neto del agricultor.

De forma similar a las anteriores categorías, las características del hogar agrícola presentan signos iguales al modelo de la costa: un mayor número de personas en el hogar, indicador de mayor disponibilidad de mano de obra, conlleva un mayor ingreso neto por hectárea en promedio. Lo opuesto sucede con las viviendas con piso de tierra, que implican un menor ingreso neto.

Por último, con respecto a la ubicación de la unidad agrícola, se ha controlado por ubicación en la sierra norte y centro, pues el promedio del ingreso neto por hectárea en esta zona es menor que en la sierra sur.

En cuanto al modelo estimado para la selva, se puede observar que mayores niveles de temperatura en el verano presentan un impacto negativo sobre el ingreso neto promedio del agricultor, mientras que la situación inversa ocurre en la temporada de invierno. Con relación a la precipitación en ambas temporadas, se observa que mayores niveles de precipitación producirían un impacto negativo sobre el ingreso neto del agricultor.

En esta submuestra, se evidencia que los suelos, arenosos, mixtos y arcillosos ejercen un impacto positivo sobre el ingreso neto del agricultor. A nivel de distrito, los suelos tipo cambisoles, fluvisoles, nitosoles, regosoles y plantisoles son los que producen un impacto negativo sobre el ingreso neto de los agricultores.

El impacto de las variables relacionadas con la unidad agrícola, como número de hectáreas bajo secano y tenencia de tierra, presentan los mismos impactos que en la costa y en la sierra. Lo mismo sucede en cuanto a las características del producto agrícola, salvo el género del jefe de hogar, que, al igual que la costa, presenta un impacto negativo sobre el ingreso neto del agricultor, lo cual evidencia la brecha de género porque, por ser mujer, la agricultora recibe un menor ingreso neto por hectárea en promedio menor al resto de agricultores.

En este modelo, el tipo de piso de la vivienda no resultó significativo. Además, el impacto del número de personas y contar con electricidad en el hogar es positivo, al igual que para las submuestras de la costa y la sierra.

Tabla 4. Efectos de las variables climáticas sobre el ingreso neto, según región natural

	COSTA	SIERRA	SELVA
Temperatura invierno	-0.0163	-0.03163	-0.07717
Temperatura verano	-0.0432	0.02489	0.02185
Precipitación invierno	-0.0038	0.00554	-0.00345
Precipitación verano	0.0021	-0.00014	0.00142

Elaboración: Propia, 2015.

En la Tabla 4, se muestran los efectos de las variables climáticas sobre el ingreso neto del agricultor, tomando en consideración la regional natural de procedencia. Se observa que un incremento de 1° C en la temperatura promedio durante las estaciones de invierno generaría reducciones en el ingreso agrícola en las tres regiones, mientras que incrementos de la misma magnitud en la temperatura promedio de la temporada de invierno supondrían un impacto positivo sobre el ingreso de los agricultores de la sierra y la selva. En el caso de la sierra, esto sería consistente con lo expuesto en la Estrategia Regional frente al Cambio Climático del Gobierno Regional del Cusco (2012) respecto de la ampliación de altitud para el rango de crecimiento de algunas especies en los Andes.

En el caso de la costa, la reducción es de orden del 4% y 2% de los ingresos netos por hectárea en verano e invierno, respectivamente; en la sierra se ven disminuidos en 3% los ingresos de los agricultores ante un incremento de ese orden; y, en la selva, la reducción es de 7%.

Finalmente, para analizar de forma más detallada cómo va cambiando el efecto de la temperatura en las diferentes regiones del país, usando un único modelo a nivel nacional –y, por lo tanto, asumiendo que el coeficiente de impacto es el mismo en todas las regiones naturales– se compararon los efectos impacto por cada una de las ocho regiones naturales del Perú. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Efectos de la temperatura sobre el ingreso neto, según piso altitudinal

Región chala	-0.031
Región yunga	-0.036
Región quechua	-0.036
Región suni	-0.033
Región puna	-0.029
Región janca	-0.026
Región selva alta	-0.043
Región selva baja	-0.045

Elaboración: Propia, 2015.

Se observa que los impactos de variaciones en la norma del clima son diferenciados por piso altitudinal, pero todos son negativos; además, para los pisos ubicados entre los 2300 m s. n. m. y menores a los 4800 m s. n. m., el impacto es menos negativo. Finalmente, la Tabla 5 indica que los agricultores ubicados en la selva son quienes presentarían mayores impactos negativos ante variaciones en la norma de la temperatura.

Conclusiones y recomendaciones

1. Conclusiones

Una de las principales contribuciones del presente estudio a la literatura sobre el impacto del clima en la agricultura del Perú es la aplicación del método ricardiano. Al utilizar información de distintos agricultores ubicados en diferentes zonas, permite aprovechar las diferencias en los distritos y en las características socioeconómicas de los agricultores recogidas en la Enapres para capturar su capacidad de adaptación ante variaciones en el clima. En el caso del Perú, esto es de bastante utilidad, debido a la heterogeneidad existente entre el territorio y entre individuos.

Se encontró que el efecto de las variables climáticas, específicamente la temperatura en la temporada de invierno, presenta el mismo efecto sobre el ingreso neto en las tres regiones naturales. No obstante, surge un efecto diferenciado en la temporada de verano; ante mayores niveles de temperatura son los agricultores de la costa y de la sierra quienes ven afectados sus ingresos netos negativamente. Bajos niveles de temperatura generan un impacto positivo en la costa y en la selva en esta temporada, mientras que el impacto es negativo en la sierra. En cuanto a las variables socioeconómicas, se halló que la educación superior es un determinante importante del ingreso neto del agricultor, y el efecto es mayor en los agricultores de la costa.

En las tres regiones naturales, tener hectáreas cosechadas bajo secano genera un impacto negativo sobre sus ingresos netos, lo que podría dar indicios sobre cambios en los regímenes de lluvias que estarían perjudicando la producción.

En cuanto al análisis de sensibilidad de las variables climáticas, se encontró que, principalmente, las variaciones en la temperatura presentan un mayor impacto sobre el ingreso neto. Ante un incremento uniforme de 1° C en la temperatura promedio durante las estaciones de invierno y verano, los agricultores ubicados en la costa enfrentarían una reducción de 5,96% en sus ingresos netos -con un intervalo de confianza entre -7,8 y -4,1%- y son los más perjudicados por este cambio. Los habitantes de la sierra son los menos perjudicados, pues sus ingresos solo se reducirían en 0,67% -con un intervalo de confianza entre -1,5 y 0,2%-; este resultado señalaría que el efecto neto de incrementos en la temperatura en la sierra podría ser nulo: los efectos positivos podrían neutralizar los efectos negativos. En cuanto a la selva, un incremento uniforme de 1° C en el invierno y en verano resulta en una disminución de 5,3% en el ingreso neto -con un intervalo de confianza entre -8,2 y -2,9%.

2. Recomendaciones

Como se mencionó en el subcapítulo 4 del capítulo 5, el enfoque ricardiano presenta una serie de limitaciones que podrían ser mejoradas para alcanzar resultados de mayor robustez, y que estos reflejen las características de la actividad agrícola nacional. Una de las cuestiones importantes es la endogeneidad del modelo, en el cual, bajo los supuestos establecidos, el agricultor se encuentra en estado estacionario y, para llegar a este, ha debido tomar una serie de decisiones, reflejadas en su proceso de maximización de ingresos, que le han permitido adaptarse a variaciones climáticas exógenas de largo plazo¹². Esto significa que las estrategias de adaptación realizadas por el agricultor no tienen que estar incluidas de manera explícita en la especificación del modelo, ya que están consideradas de manera implícita en la variable dependiente. Por esta razón, se considera que las medidas de adaptación representan una “caja negra”, en la que no se puede distinguir qué tipo de medidas fueron adoptadas. Por otro lado, el modelo no toma en cuenta variaciones en el precio ni la introducción de mejoras tecnológicas.

En relación con las limitaciones de información, en el caso del Perú una de las principales limitantes es la información climática representativa en el nivel de distrito. Si bien la Enapres presenta información en el nivel de agricultor, la información climática utilizada en el presente estudio se encontraba en el de distrito, lo cual representa una restricción en la caracterización específica del individuo y su entorno. Esto mismo ocurre para los escenarios climáticos y la posibilidad de proyectar variaciones futuras en el clima.

¹² Dado el objetivo del presente estudio, se asume que la variable climática es la única que ha presentado variaciones.

Bibliografía

Banco Interamericano de Desarrollo y Comisión Económica para América Latina y el Caribe [BID y Cepal] (2014). *La economía del cambio climático en el Perú*. Lima: BID y Cepal.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal] (2010). *Istmo centroamericano: Efectos del cambio climático sobre la agricultura*. [En línea]. Ciudad de México: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Fecha de consulta: 20/05/2015. Disponible en <<http://infoagro.net/programas/ambiente/pages/adaptacion/documentos/2.pdf>>

Comisión Multisectorial de Reducción del Riesgo en el Desarrollo [CMRRD] (2004). *Diagnóstico para la Estrategia Nacional de Reducción de Riesgos para el Desarrollo*. Volumen 1: Aspectos Físicos y Espaciales [En línea]. Fecha de consulta: 11/03/2015. Disponible en <siar.regioncusco.gob.pe/admDocumento.php>

Deressa, T. (2007). “Measuring the economic impact of climate change on Ethiopian agriculture: Ricardian approach”. En *Documents and Reports World Bank*. Fecha de consulta: 10/03/2015. Disponible en <<http://documents.worldbank.org/curated/en/143291468035673156/pdf/wps4342.pdf>>

Easterling, W. E., P. K. Aggarwal, P. Batima, K. M. Brander, L. Erda, S. M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber and F.N. Tubiello, (2007). “Food, Fibre and Forest Products”. En Parry, M. L., Canziani, O. L., Palutikof, J. J., Van Der Linden, P. J., y C. E. Hanson (Eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Gobierno Regional del Cusco (2012). *Estrategia regional frente al cambio climático* [En línea]. Cusco: Gobierno Regional del Cusco. Fecha de consulta: 11/02/2015. Disponible en <<http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/57.pdf>>

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., y Jarvis, A. (2005). “Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas”. *International Journal of Climatology*, 25, p. 1965-1978.

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2014). *Informe Técnico de Evolución de la Pobreza Monetaria 2009-2013*. [En línea]. Lima. Fecha de consulta: 17/03/2015. Disponible en < https://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/informetecnico.pdf >

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2012). Encuesta Nacional de Programas Estratégicos (Enapres) 2012. [En línea]. Consultado el 07/02/2015. Disponible en <<http://inei.inei.gob.pe/microdatos/>>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2011). Encuesta Nacional de Programas Estratégicos (Enapres) 2011. [En línea]. Consultado el 07/02/2015. Disponible en <<http://inei.inei.gob.pe/microdatos/>>

Kurukulasuriya, P. y Ajwad, M. (2004). "Estimating the impact of climate change on smallholders: A case study on the agricultural sector in Sri Lanka". En Mendelsohn, R. *et al.* (eds.). *Cross- Sectional Analyses of Climate Change Impacts*. World Bank Policy Research Working Paper No 3350. Washington D. C.: Banco Mundial.

Mendelsohn, R., y Dinar, A. (2009). *Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects*. Cheltenham: Edward Elgar.

Mendelsohn, R., Nordhaus, W., y Shaw, D. (1992). "The Impact of Climate on Agriculture: A Ricardian Approach". En Kaya, Y., Nakicenovic, N., Nordhaus, W. y Toth, F. (eds.). *Costs, Impacts and Benefits of CO₂ Mitigation*. Laxenburg: IIASA.

Mendelsohn, R., Nordhaus, W., y Shaw, D. (1994). "The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis". *The American Economic Review*, 84(4), 753-771.

Mendelsohn, R. and Tiwari D. (2000). *Two Essays On Climate Change and Agriculture: A Developing Country Perspective*. Roma: Italia.

Ministerio de Agricultura [Minag] (2010). *Plan Estratégico Sectorial Multianual - actualizado 2007-2011*. Lima: Minag.

Ministerio de Agricultura y Riego [Minagri] (2012a). *IV Censo Nacional Agropecuario*. [En línea]. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Fecha de consulta: 14/02/2015. Disponible en <<http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>>

Ministerio de Agricultura y Riego [Minagri] (2012b). *Plan de gestión de riesgos y adaptación al cambio climático en el sector agrario. Periodo 2012-2021- Plangracc-a*. [En línea] Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Fecha de consulta: 18/03/2017. Disponible en <<http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plangracc/plangracc.pdf>>

Ministerio de Agricultura y Riego [Minagri] (2013). *Presentación del Ministro de Agricultura en el Seminario Internacional de la Agricultura por los 70 años del Ministerio de Agricultura*. [En línea]. Lima: Ministerio de Agricultura. Fecha de consulta: 14/04/2015. Disponible en: <<http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/sem-presentaciones/pres-ministro.pdf>>

Ministerio de Agricultura y Riego [Minagri] (s. f.). *Adaptación al cambio climático para la competitividad agraria: Experiencias exitosas en cultivos de algarroba, cacao y café*. [En línea]. Lima: Ministerio de Agricultura. Fecha de consulta: 19/04/2015. Disponible en: <<http://infocafes.com/portal/biblioteca/adaptacion-al-cambio-climatico-para-la-competitividad-agraria-experiencias-exitosas-en-cultivos-de-algarroba-cacao-y-cafe>>

Morales, R., Merino, E., Cruzado, V., Montes, R., Dueñas, Ó., y Gutiérrez, M. (2012). *Economía del cambio climático en las regiones Cusco y Apurímac*. Serie de investigación regional # 21. Lima: Programa de Adaptación al Cambio Climático.

Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, S., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, A., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M., y Lee, D. (2009). *Cambio climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Washington D. C.: IFPRI.

Niggol Seo, S., y Mendelsohn, R. (2008). "A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on South American Farms". *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(1), p. 69-79.

Organización de las Naciones Unidas [ONU] (1992). *Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Washington D. C.: ONU. Fecha de consulta: 25/05/2016. Disponible en: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (1971). *Mapa Mundial de Suelos 1:5 000 000. Portal de Suelos de la FAO*. [En línea]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Fecha de consulta: 15/05/2015. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/019/as360s/as360s.pdf>>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco] (2012). *Análisis de vulnerabilidades frente al cambio climático: En la margen derecha del río Mapacho*. [En línea]. Cusco: Unesco. Fecha de consulta: 23/05/2015. Disponible en: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002259/225966s.pdf>>

Organización Meteorológica Mundial [OMM] (2007). *Función de las normas climatológicas en un clima cambiante*. [En línea] Ginebra: Organización Meteorológica Mundial. Fecha de consulta: 05/05/2015. Disponible en: <<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/TheRoleofclimatologicalnormalsinanchangingclimateSp.pdf>>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2013). *Summary for Policymakers. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Nueva York y Cambridge: Cambridge University Press.

Perú Opportunity Fund (2011). *Diagnóstico de la agricultura en el Perú*. [En línea] Lima: Libélula. Fecha de consulta: 17/04/2015. Disponible en: <http://www.peruopportunity.org/uploads/posts/34/Diagno_stico_de_la_Agricultura_en_el_Peru_-_web.pdf>

Ricardo, David ([1817], 2010). *On the principles of political economy and taxation*. 3ª ed. Kitchener: Batoche Book.

Salas, María Eugenia (2012). “En Cusco pueden cultivar maíz y papas a más altura por calentamiento global”. *La República*. 18 de mayo. Fecha de consulta: 23/08/2017. <<http://larepublica.pe/archivo/632114-en-cusco-pueden-cultivar-maiz-y-papas-a-mas-altura-por-calentamiento-global>>

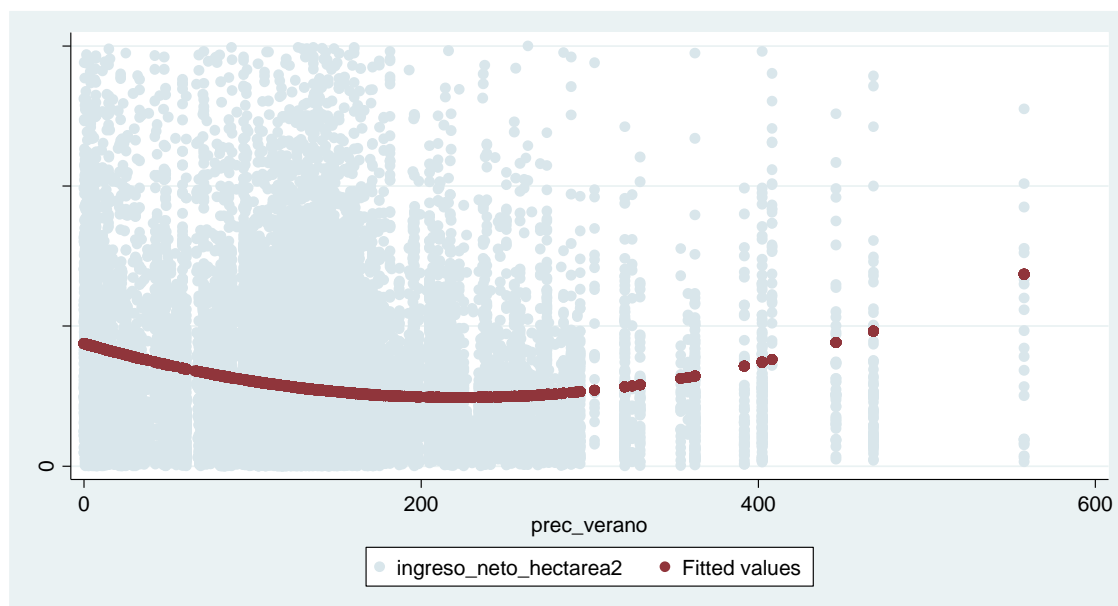
Torres, Lina (2010). *Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la región Piura- Perú. Caso: Principales productos agroexportables* [En línea]. Piura: Consorcio de Investigación Económica y Social. Fecha de consulta: 19/02/2015. Disponible en: <[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F7318DCAC0622C1705257F700075B09A/\\$FILE/Analisis_economico_del_cambio_climatico_en_la_agricultura_de_region_piura.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F7318DCAC0622C1705257F700075B09A/$FILE/Analisis_economico_del_cambio_climatico_en_la_agricultura_de_region_piura.pdf)>

Vargas, P. (2009). *El cambio climático y sus efectos en el Perú*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú.

Anexos

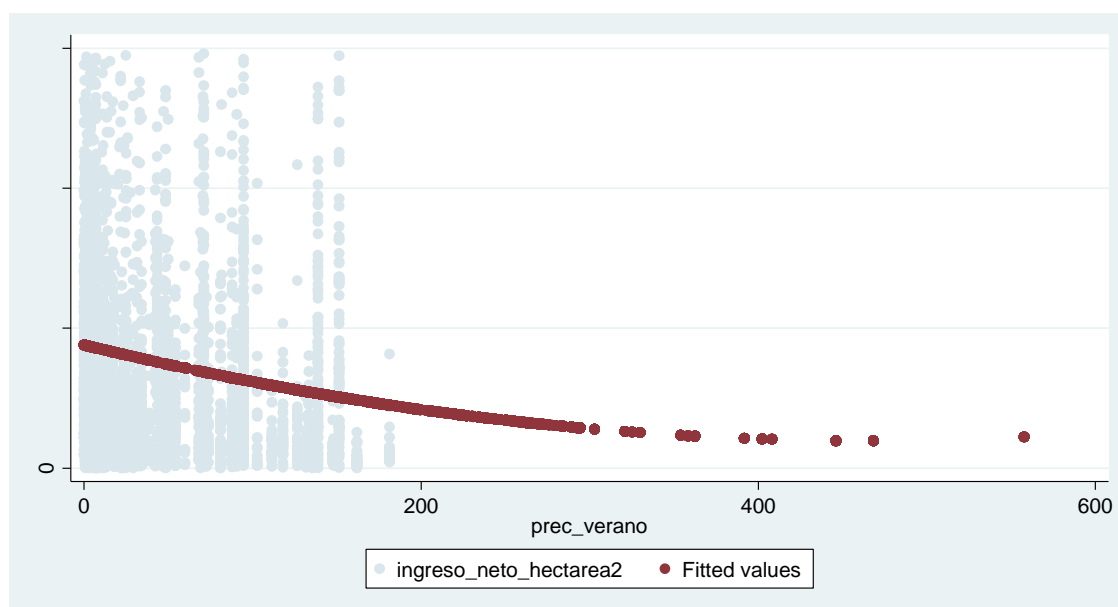
Anexo 1. Relación entre el ingreso neto por hectárea promedio a nivel nacional y regiones naturales, y los niveles de precipitación

Relación de ingreso neto por hectárea promedio y precipitación de verano



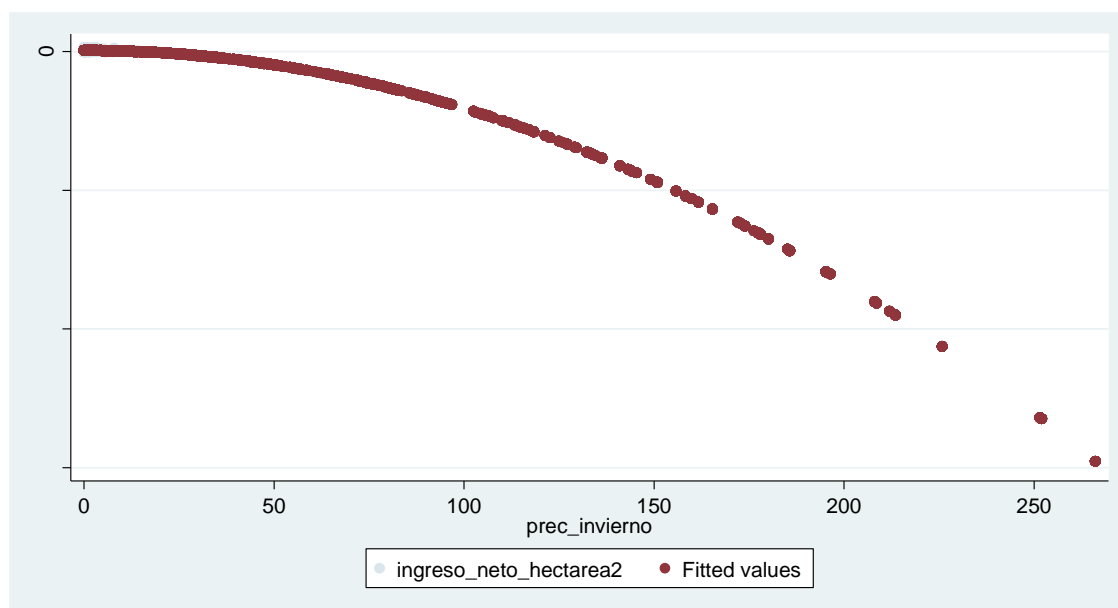
Fuente: INEI, 2011; 2012.
Elaboración: Propia.

Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la costa y precipitación de verano



Fuente: INEI, 2011; 2012.
Elaboración: Propia.

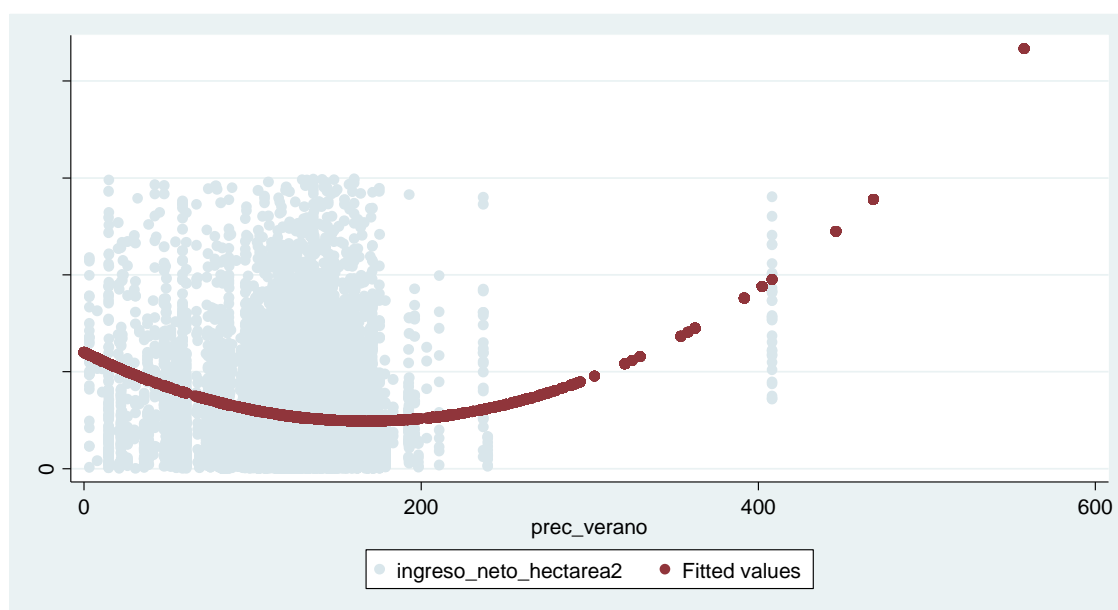
Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la costa y precipitación de invierno



Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración: Propia.

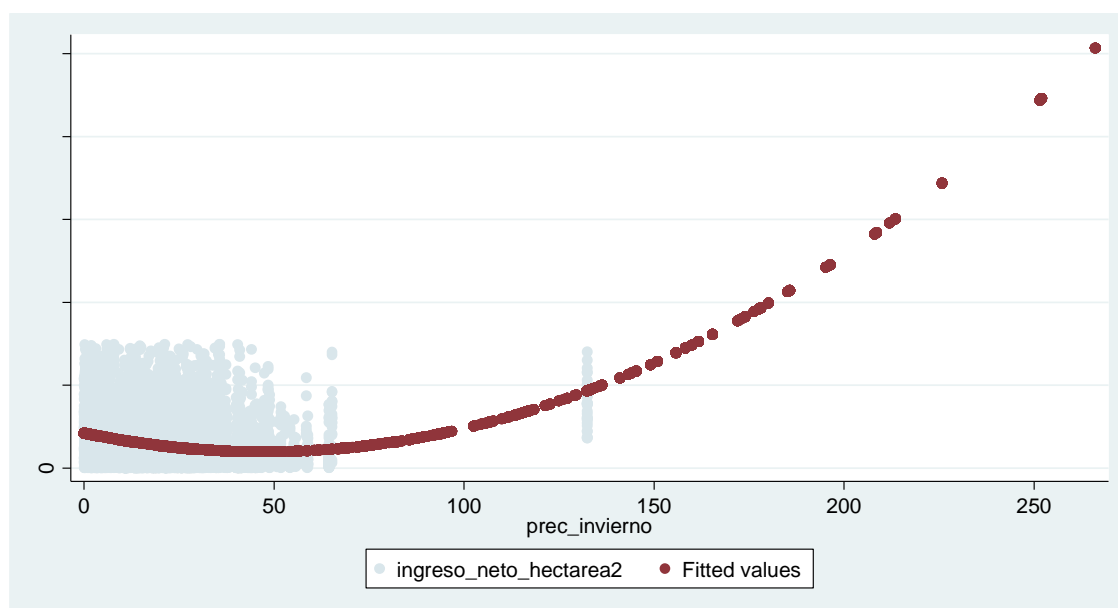
Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la sierra y precipitación de verano



Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración: Propia.

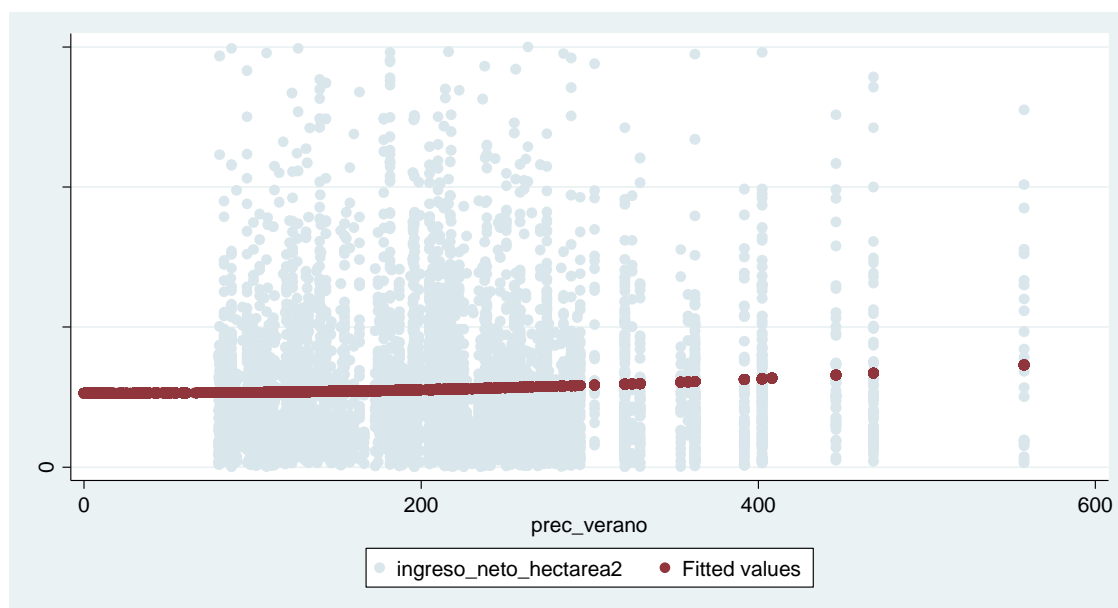
Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la sierra y precipitación de invierno



Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración: Propia.

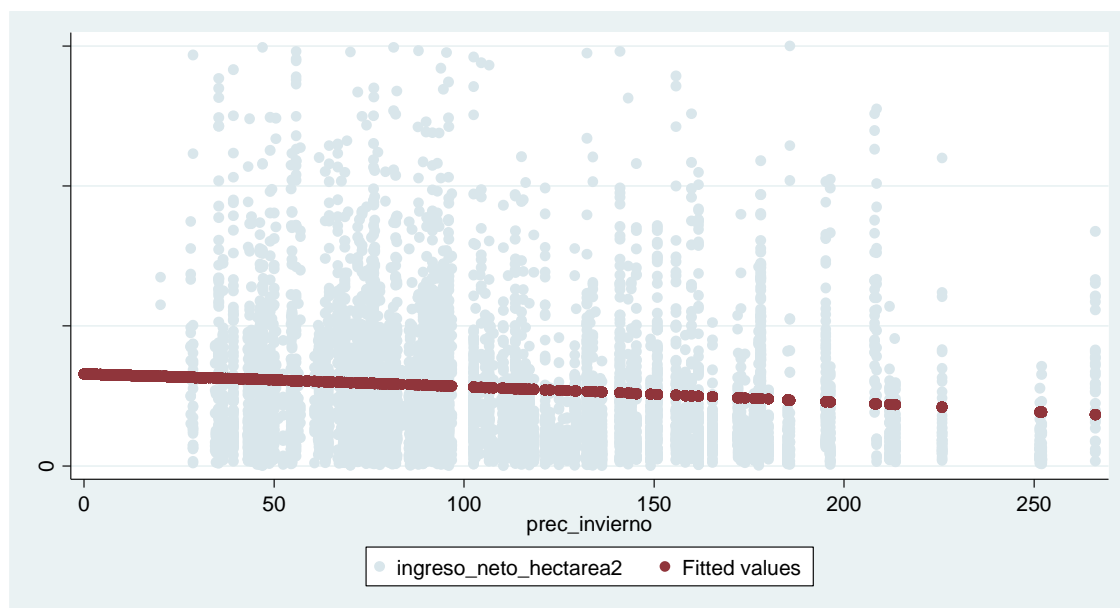
Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la selva y precipitación de verano



Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración: Propia.

Relación del ingreso neto por hectárea promedio en la selva y precipitación de invierno



Fuente: INEI, 2011; 2012.

Elaboración: Propia.

Nota biográfica

Mónica Muñoz Nájar Gonzales

Nació en Arequipa, el 7 de abril de 1988. Licenciada en Economía egresada de la Universidad del Pacífico. Tiene más de siete años de experiencia en gestión pública. Actualmente, se desempeña como jefa de la Unidad de Estadística del Ministerio de Educación del Perú.

María Verónica Villena Cardich

Nació en Lima, el 5 de enero de 1989. Licenciada en Economía egresada de la Universidad del Pacífico. Tiene más de seis años de experiencia en gestión pública. Actualmente se desempeña como analista en economía y financiamiento del cambio climático en el Ministerio del Ambiente del Perú.